

当代情报学(信息管理)前沿丛书

# 科学计量学的挑战

科学交流的发展、测度和自组织

[荷] 洛埃特·雷迭斯多夫 著

乌云 等译

武夷山 审校

Cognitions

Texts

Authors

 科学技术文献出版社

当代情报学(信息管理)前沿丛书

荷兰科学研究组织(NWO)资助出版

中国国家自然科学基金资助项目(项目号:70073007)

# 科学计量学的挑战

## 科学交流的发展、测度和自组织

[荷] 洛埃特·雷迭斯多夫 著

乌云 黄军英 王玲

姜桂兴 盖红波 黄宁燕

文玲艺 刘娅 潘云涛 译

周萍 吴运高 赵俊杰

段黎萍 鲍景新

武夷山

审校

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北京

(京)新登字 130 号

## 内 容 简 介

本书反映了科学计量学领域的最新进展,它是一部以科学知识为对象,综合运用科学哲学、科学社会学和卢曼(Luhmann)的交流理论、信息论、概率论的方法,研究知识的自组织化过程的极具挑战性的著作。通过阅读该书,读者可以了解论文数分析、共词分析、合著关系分析以及引用分析等科学计量学方法,进一步还可以通过实例了解到如何给科学知识的增长这一社会现象建立一个合理的数理模型。

本书适合于从事科学计量学、情报学、科技决策分析、科学史和科学哲学研究的学者及相关人员阅读。

### **The Challenge of Scientometrics**

The Development, Measurement, and Self-Organization of Scientific Communications

by **Loet Lydsdorff**

Copyright 1995 DSWO Press, Leiden University, Leiden, The Netherlands; 2001, Universal Publishers, Darland, FL, at

<http://www.upublish.com/books/leydesdorff-sci.htm>

---

我们所有的努力都是为了使您增长知识和才干

科学技术文献出版社是国家科学技术部所属的综合  
性出版机构,主要出版医药卫生、农业、教学辅导,以及科技  
政策、科技管理、信息科学、实用技术等各类图书。

当代情报学(信息管理)前沿丛书

编 委 会

(按姓氏笔划为序)

主 任：梁战平

副主任：马费成 包昌火 关家麟  
孟广均 曾民族 霍忠文

委 员：王 艳 李 纲 吴贺新  
宋振峰 毕 强 苏新宁  
武夷山 张晓林 张满年  
赵阳陵 R·鲁索(比利时)  
靖培栋 谢新洲



# 丛书总序

梁战平

情报学是一门发展中的新学科,国内外不同时期从不同侧面对它的定义和内涵有各种表述。综合其共同点,情报学是研究有效地运用信息、知识和情报的规律性的一门科学。情报学发源于图书馆学和文献学,已发展成为自然科学、技术科学和社会科学的交叉学科。

## 1. 信息与情报

### (1)“信息链”

信息与情报是情报学的核心问题。什么是信息?什么是知识?什么是情报?对这些基本概念如果没有明确的认识,就不可能获得对情报学及其相关学科的科学理解。“信息”和“情报”,英语都是“Information”。英语的 Information 是一个连续体的概念,“信息链”由 Facts(事实)→Data(数据)→Information(信息)→Knowledge(知识)→Intelligence(“情报”、“智能”)五个链环构成。简单地说,“事实”是人类思想和社会活动的客观映射。“数据”是事实的数字化、编码化、序列化、结构化。“信息”是数据在信息媒介上的映射。“知识”是对信息的加工、吸收、提取、评价的结果。“情报”“智能”则是运用知识的能力。换句话说,“事实”、“数据”、“信息”、“知识”、“情报”五个链环组成“信息链”(Information

Chain)。在“信息链”中,“信息”的下游是面向物理属性的,上游是面向认知属性的。作为中心链环的“信息”既有物理属性也有认知属性,因此成为“信息链”的代表称谓。

## (2)“三个世界”模型

英国科学哲学家卡尔·波普尔(K·Popper)提出的“三个世界”的理论,从哲学高度阐述了信息的属性。波普尔认为,信息有“三个世界”:第一世界是物理领域,第二世界是主观现实领域,第三世界是客观知识领域。根据这个理论,信息分为三大类:第一类是有关客观物理世界的信息,即本体论意义上的信息,它反映事物运动的状态及其变化的方式;第二类有关人类主观精神世界的信息,即主体论或认识论意义上的隐性信息,它反映人类能感受的事物运动状态及其变化方式,处于意识、思维状态;第三类是有关客观意义上概念世界的信息,即主体论或认识论意义上的显性信息,它反映人类所表述的事物运动状态及其变化方式,用语言、文字、图像、影视、数据等各种载体来表示,汇成一个实在的自主的“信息世界”。以“三个世界”的理论来研究信息、知识、情报,它们之间存在以下关系:

并列关系。事实——数据——信息——知识——情报。

转化关系。数据不会自动变成信息,信息也不会自动变成知识,数据、信息、知识同样也不会自动变成情报。实现从数据到情报的关键要素是人。是人通过信息组织与管理,知识组织与管理来实现信息、知识、情报相互转化。知识本身也是一种信息,情报本身也是一种信息,相互之间可以转化。但是,知识、情报不是一般的信息,而是体现人的认知因素而且在运用中能改变人的行为的特殊信息。

包含关系。信息存在于全部的三个世界中(主观世界、客观的物理世界、客观的概念世界),知识存在于主观世界和客观的概念世界,但不存在于客观物理世界中,因此知识包含于信息之中。情

报也存在于主观世界和客观的概念世界中,是活化了的知识信息,包含于知识、信息之中。

层次关系。从数据提升到信息,主要是对数据之间建立相关性,使其有序化和结构化。从信息提升到知识,主要根据信息的相关性、有序性,进行比较、分析、综合和概括,从中发现问题的本质。从数据、信息、知识提升到情报,主要是采取各种有效的手段和方法激活它们,满足用户的需求。

## 2. 情报学研究范式

情报学的多学科特性,正是由情报学的多种研究范式决定的。围绕情报学理论研究,可归纳以下研究范式:

### (1) 机构范式 (Institution paradigm)

机构范式是一种视图书馆和情报中心为社会机构的一组思想和观念,以社会学和教育学观点研究图书馆,从图书馆实践出发,研究资料(采集文献)、组织(行政机构和人员管理)、知识属性(分类、编目、采编政策等),从而驱动资料和组织的有效管理以发挥机构的社会功能。我国 20 世纪 60—70 年代情报学以及所探讨的文献合理布局、情报所的地位、作用以及情报政策、管理等都是从机构范式出发,对本行业的问题进行研究。

### (2) 信息运动范式 (Information movement paradigm)

该范式起始于申农和维纳《通信数学理论》一书的通信数学模式:即信息源——传输器——噪音——接受器——信息端。信息运动范式关注的是信息运动的过程——反馈和控制。它构成了当代情报检索系统和文献计量学研究的基础。显然,通信数学模式的概念不适合应用在信息语义上,情报用户被视为情报检索系统以外的被动接受者,要去适应检索系统,利用现有的信息。因此,该范式只是从系统角度去对待情报用户,而不是从情报用户角度了解用户的情报需求。

### (3)解释学范式(Hermeneutics paradigm)

伽尔默尔提出解释学的依据是人对信息、情报的解读、解释因人的知识与经验的不同而取舍,因此要研究传播、语言、文字、知识、理解及解释。如果说卡尔·波普尔偏向把情报作为静态的客观知识来加以纯技术性的分析和处理,伽尔默尔的解释学认为,社会文化以及情报消费主体的知识结构和心理状态在查询、解读和利用情报的过程中产生了至关重要的作用,因此必须关注情报流动过程中情报客体与情报消费主体的交融。

### (4)技术主导范式(IT-centered paradigm)

V·布什关于实现情报检索自动化的构想,使情报学研究的主流向着利用技术解决问题的范式演变,技术范式对情报学的发展产生了深刻影响。计算机技术突破了人类生产、处理和存贮信息的能力在数量、时间和智力等方面的限制,通信技术的进步,突破了人类传递信息的能力在距离和时间两方面的限制,信息内容开发从点(字、词)、线(字符串、全文文本)、面(数据库、关系数据库)、立体(信息流、物流、资金流的结合)、三维空间(A/V、数据挖掘)到万象空间(虚拟真实)不断纵深发展。情报学研究致力于发展各种先进、高效的情报系统和信息技术应用,但是,情报技术的应用并不是情报学的全部内容,不但如此,由于过分夸大技术的作用,反而导致了重技术轻理论的倾向,忽略情报学的整体研究。

### (5)认知范式(Cognitive paradigm)

由于认知科学的发展,一些研究者开始从认知过程,如注意、知觉、表象、记忆、思维、语言等,来观察信息和情报现象。认知范式强调人的知识结构,研究人的信息处理原理,关注情报的利用和吸收,目的是支持和改善情报系统的设计和情报服务。认知观的变迁意味着情报学研究主体从情报检索系统的设计和开发扩大到强调情报用户的知识结构、认知过程、情报行为和人机交互等认知范围。

### (6) 知识主导范式 (Knowledge-based paradigm)

传统情报学的研究对象是文献单元而不是知识内容。英国情报学家布鲁克斯 1980 提出了著名的布鲁克斯基本方程式,明确指出情报学的任务是探索和组织客观知识,情报学要对客观知识进行分析和组织,以便绘制出知识的“认识地图”并最终按“认识地图”来组织知识。情报学从文献层次向知识层次的深化、演进与发展是情报学研究的新趋势。知识有显性知识和隐性知识之分。显性知识存在于信息载体上,通常经过符号化、编码化或结构化等文献处理,内容是固定的,外在的。隐性知识存在于人的大脑中、行为上及概念里,是个人的、没有经过文献化,内部化的,以经验为基础的。隐性知识比显性知识更能激活灵感和启发创新,是一种更有价值的知识,但以往这类知识只能靠个人交流获取,无法收集和加工利用。情报学要超越显性知识,研究收集、筛选、加工、整理隐性知识的理论和规律。当前知识经济、知识组织、知识管理、知识发现、数据挖掘、知识产权保护等问题的研究正在成为情报学界研究热点和学科体系成长的标志,最终将使情报学成为研究知识与知识活动包括知识的激活、扩散、转移、组织、增值、吸收、利用等规律性的一门学科。

### (7) 经济学范式 (Economic paradigm)

情报学与经济学的联系早期仅仅只是引入经济学中的效用、效益等概念、成本—收益分析方法、投入—产出分析方法等基本方法,借用政治经济学的生产—交换—分配—消费模式来评价情报服务的成本与效率。随后,情报的价值、情报传递的成本与效益以及情报工作的效率等也成为情报经济学的主要议题。1979 年在荷兰海牙召开了国际情报经济学年会,内容主要围绕情报商品与情报市场研究、情报经济效益研究、情报经济管理研究、情报产业和信息化社会发展研究等方面。面向 21 世纪,信息经济学的研究方兴未艾,网络革命掀起的全球信息化所提出的众多理论课题与

实践课题正在推动情报经济学开拓新的领域。例如,信息(情报)经纪业、‘竞争情报’、博弈论、微观经济学中市场结构理论等,都成为情报经济学研究热点。

### (8) 人文范式(Culture paradigm)

以人为本的思想必然要同人文科学这一更高层次的概念进行整合,从而研究信息民主与信息专制、信息自由与信息保护、信息平等与信息歧视、信息富裕与信息贫穷、信息共享与信息垄断以及信息污染、信息灾害、信息伦理、信息法律、信息政策、信息文化等以人为主体的信息环境中人与人、人与社会、人与文化的相互关系。突出人文因素的研究,提高人的信息素养,将使情报学更加符合信息化时代特征和情报学自身的发展要求。

## 3. 国内外情报学发展现状

20 世纪 80~90 年代以来,情报学研究范式的多元化,拓展了情报学研究视野和研究内容,使情报学研究带有时代特征,同信息科学群的其他学科协调、融合、互补,进入了一个情报学整体更新的发展阶段。信息技术是情报学创新的原动力,但国外情报学研究迅速改变“技术至上”的倾向,技术与理论并重,技术与人文并重,技术与经济并重,不断探索情报与技术最佳匹配模式。情报学研究从强调信息需求和信息利用,重视以用户为中心来设计信息系统和情报检索开始,逐步引入解释学、认知观、人文因素等新成分,现在关注的焦点移向知识管理和利用、以人为本、用户/信息/技术/社会和谐共处的生态平衡。情报学不断对传统观念提出质疑,与时代的要求俱进,与技术的发展俱进,与社会的进步俱进,不断拓宽情报学研究领域和研究内容,目前已形成成为一门多范式交叉、多学科集成的全方位情报学。

中国情报学研究在 80 年代掀起了两个高潮。一个高潮是引进国外情报理论,开始学习和探讨波普尔的 3 世界理论、布鲁克斯

的知识方程式以及系统论、信息论、控制论、耗散结构论、协同论等,为我国情报学基础理论研究打下基础,一些有影响的情报学专著如《情报学概论》、《情报研究方法论》、《文献计量学》、《情报数学》等相继问世。另一个高潮是开始计算机情报检索的试验、应用和研究,出现了计算机编制主题表、汉字切分、中文全文检索、自动标引等应用研究。中国情报学关注领域和研究重点开始从文献转向技术,从理论转向应用。截止 1998 年统计,新中国成立 50 年来情报学领域发表论文计 18 369 篇,按 11 个论文主题分类,论文数排名分别是情报组织管理、情报基础理论、情报检索、情报分析研究、情报服务、情报搜集、情报技术、情报事业、国外情报事业、情报整理、情报教育。关于理论研究方面,情报学界出版了《现代情报学理论》等专著,近年来在面向二十一世纪的情报学、情报学研究的定量化、情报学认知观、经济情报学、知识组织和管理、竞争情报、内容开发等广泛领域也出现了许多有影响的论文,说明中国情报学研究有新的发展。据 2000 年 9 月统计,中国目前培养情报学硕士的高等院校和情报中心有 22 个;培养情报学博士单位有 4 个;情报学作为一级学科单位有北京大学、武汉大学等 2 个。

## 4. 情报学与相关学科

### (1) 情报学与图书馆学、文献学

美国学者 S. Hermer 1984 年在“JASIS”上发表的《情报学简史》认为,情报学是在图书馆学、计算机和穿孔卡片、研究与发展、文献学、文献与索引技术、传播学、行为科学、微观与宏观出版、视频与光学等学科领域相互整合的结果。情报学与图书馆、文献学在学科性质上许多共同之处,都要研究编目与分类、存档与索引、检索与获取等技术。图书馆学和文献学是情报学的基础之一。图书馆学是以图书期刊为对象,以馆藏、出纳、阅览等为工作重点,文献学以文献为对象,以揭示报道、加工、研究、提供每篇文献以至每



个数据的内容为重点。情报学以信息和知识为对象,以内容开发利用为重点,广泛采用情报技术产生、搜集、整理、检索、传递、分析、利用情报。情报学对信息加工组织有质的飞跃,对组织信息是由线性组织(字符串、全文文本)、平面组织(数据库、关系数据库)到立体组织(A/V 数据),进而到虚拟组织(虚拟真实,时空信息)。

### **(2)情报学与信息科学群**

信息科学群的崛起,是信息现象日趋复杂化、信息爆炸性增长、知识重要性增加、信息技术飞速发展等因素相互作用的结果。不同学科领域对信息现象的共同探索,形成了信息科学群。信息科学群是以信息为基本研究对象,以信息运动规律和应用方法为主要研究内容,以扩展人类信息功能为中心研究目标而形成的一個横断性、综合性学科群体。情报学是信息科学群的一个分支学科,起着重要作用,为信息科学群各个范畴提供新思路、新概念和新方法。综合有关研究,信息科学群的研究范围包括:哲学范畴、认知范畴、计算机科学范畴、信息交流与管理范畴、社会科学范畴、自然科学和工程技术领域有关信息范畴等。

### **(3)情报学与信息管理学**

情报学与信息管理学具有血缘关系和学科延续性,信息管理学在广度上超过了情报学,而在深度上则逊于情报学。二者之间不是一种取代关系,而是一种衔接关系。从发展趋势看,两者将形成互补互动的学科关系。情报学 50 多年的发展形成的研究方法体系可为信息管理学研究方法体系的建立提供借鉴。信息管理学开发和利用当代信息资源的新技术和方法可为情报学弥补学科空缺领域提供借鉴。对于情报学和信息管理学来说,一方的研究向另一方研究领域发展会给双方学科带来新的研究领域和新的研究方向。

## 5. 情报学核心研究内容

情报学应该有自己的核心研究内容。情报学作为信息科学群一门独立的学科,必须阐述信息现象并回答有关信息查寻过程中的智力行为问题,而且这种回答必须是科学的并基于在一定程度上是本领域独有的调研方法。ASIS 主席萨拉塞维克(Saracevic)认为,情报学科分为两大块:情报分析和情报检索。情报分析是指:情报学家对文献和文献结构的分析研究,研究作为内容载体的文本;研究不同群体中的信息传播,尤其是科学传播;情报的社会背景;情报利用;情报搜寻和情报行为;关于情报和相关论题的各种理论。现在情报分析与情报检索之间存在鸿沟,情报学的任务就是填平这道鸿沟。他认为,“待这两端成功相连之际,便是情报学这门学科羽翼丰满之时”。综合萨拉塞维克等学者的观点并从现实出发,情报学的核心研究领域可包括理论方法、信息管理和服、情报分析、信息检索、知识管理、信息技术应用六个组成部分。核心领域涉及的主要研究内容包括:

### (1)理论方法

主要探讨和研究情报的性质、现象和过程、各种理论范式、情报学与相邻科学的关系等学科建设方向。当前尤其需要关注信息与社会进步、信息与经济活动、信息与大众传媒、信息与教育、信息与人文、信息构筑、信息生态、信息政策法规、信息伦理、知识产权、行为科学等课题。

### (2)研究方法

需要关注文献计量学、信息计量学、网络计量学、科学计量学以及情报的量化分析、引文分析、文献知识发现等课题。

### (3)信息管理

包括信息的收集、整理、存储、传播、分析和服活动;信息资源开发和利用、信息资源的分类、信息资源管理体系、信息资源共

建共享等;信息生产者与用户的关系;信息系统质量评价等;有关信息格式、内容加工和传输的各种标准和规范等。

#### **(4)信息检索**

以信息处理和情报内容加工为主的研究。包括:元数据、界面设计、可视化、主题词表、分类表、概念分类、Web 网站构筑、多媒体检索、跨语言检索、检索策略、搜索引擎等。

#### **(5)知识管理**

知识单元、知识存储和管理、知识获取、知识提取、知识发现、知识表述和分类、知识挖掘、自然语言理解、语料库、知识工程应用研究、知识管理与统计学、机器学习、自动推理、问题求解、人类常识和专业知识的分析研究、最佳实践(Best practice)和实践团体(Community of Practice, COP)、协同网等。

#### **(6)情报分析研究**

从信息挖掘、抽取,对信息进行分析、加工,提供情报咨询服务,以及其相应的信息系统,如竞争情报(CI)、电子数据处理系统(EDPS)、决策支持系统(DSS)、群体决策支持系统(GDSS)、在线分析处理(OLAP)系统、计算机支持协同工作(CSCW)等。

#### **(7)应用和服务**

应用范围包括电子商务、电子政务、在线教育、在线学习、在线保健、在线娱乐、在线金融等。服务范围包括网络接入商(IAP)、网络服务商(ISP)、网络内容商(ICP)、应用服务商(ASP)、网络培训商(ITP)、系统集成商(SI)、网络咨询等。

#### **(8)技术应用**

技术对情报学发展的影响。信息内容技术:信息数字化、全文检索、搜索引擎、多媒体内容检索、自动标引、自动翻译、自动摘要、数据挖掘、文本挖掘、信息提取等。计算机与网络技术支持的知识内容加工和知识吸收、转换等。数字图书馆技术。

### **(9)信息教育与人才培养**

包括数字鸿沟、计算机文明、信息技能、专业结构、人才素质、教育制度、在职培训、继续教育、网络教育、网络学习等课题。

## **6. 情报学研究方法**

### **(1)社会调查法**

情报调查法是指人们在社会情报实践活动中对客观情报情况的调查了解与分析研究方法,是搜索、跟踪、获取和开发利用情报资源的一种基本的、有效的方法。这种方法又可分作直接方法与间接方法两大类,前者主要是用现场观察法,后者又分作访问调查与调查表调查。

### **(2)引文分析法**

研究文献的被使用和被引用,也就是研究质量问题。自 60 年代初以来,由于“科学引文索引”(SCI)的创办,引文分析法已成为一个有相当深度和广度的情报学分支。对引文这一线索进行研究,可以了解某项发明或技术的应用范围、现状、著作水平、学科发展趋势等。

### **(3)系统科学方法**

从系统论、控制论和信息论出发,主要研究科技情报系统的结构、功能和最优设计,以及解决科技情报系统的最佳运行、实现最优服务等问题。

### **(4)文献计量法**

文献计量是情报学与数学、统计学等相互交叉和结合而产生的研究方法。文献计量研究方法包括布拉德福定律、洛特卡定律,齐夫定律、引文规律、文献老化规律、文献增长与冗余等已形成理论体系。文献计量法开始向其他学科输出、扩散、渗透,利用文献计量统计方法,可以描述和解释许多分布机制相似的社会现象,如收入分布、利润分布、人口分布、不合格元件分布、通信间隔分布

等。

### (5) 科学计量法

科学计量试图通过定量方法寻找科学活动的内在规律和准规律,并为更有效率地开展科研提供指导。20 世纪 60 年代初,D·普赖斯等人倡导并采用定量方法来研究科学自身,E·加菲尔德创建了“SCI”大型数据库,是为科学计量学的肇端。30 多年来,许多情报学研究人员在该领域作出了许多重要成果,此外社会学和政策研究人员也投入这一新领域,使其研究对象不断增加、研究领域不断拓展——科学研究的生产率问题、科研资金投入的最优化、预测学科发展趋势、识别不同学科之间以至科学活动同技术活动之间的联系、科研绩效评估、描述科学活动规律和准规律、研究科技人才和科技教育问题等等,形成蔚为大观之势。

### (6) 信息计量法

英国情报学家布鲁克斯和他的学生埃格希(L. Egghe)1988 年主张用信息计量学代替文献计量学,提出了如下信息计量的发展逻辑过程:Statistical bibliography(书目统计学)→Bibliometrics(文献计量学)→Scientometrics(科学计量学)→Informetrics→(信息计量学)。信息计量学的提出表明情报学定量化研究已由文献单元深入到文献中的各个信息单元、知识单元;已由文献计量分析发展到信息计量分析,而达到了一个新的高度,最终将真正实现“知识信息的计量必须从语法层次向语义和语用层次发展”的这一飞跃。

### (7) 网络计量法

1997 年 Almind 和 Ingwersen 首次提出网络环境下引文分析的概念和“网络计量学”(Webometrics),将传统信息计量方法使用在 Web 分析上,对诸如语言、单词、词汇、频次、作者特征、作者合作的能力和程度,以及对作者的引文分析,学科或数据库增长的测量,新概念、新定义的增长,信息的测量,检索措施的形式与特征进

行了研究。网络计量法可用于研究因特网的知识结构、学科性质、信息组织特征,研究网络环境下的科学信息交流规律,探讨学科、机构、国家、地区的科学发展趋势,研究网络用户的信息需求和网络查寻行为,指导网络建设和网站管理。

#### **(8) 基于文献的知识发现法**

由于科技文献和知识的爆炸增长,科学分工越来越细,跨学科的信息传递变得更加困难,就会产生知识的分裂,并且随着知识的持续增长,分裂现象会更加严重,尽管现代每个人懂得的东西越来越多,但是必定有许多未被人们发现的知识点、知识领域之间的相互联系。假设某学科发现医学状况 A 与症状 B 相联系,另一个完全不同的学科发现某营养成分缺乏 C 与症状 B 相联系,则 A 与 C 也发生了关系。但是两个完全不同领域的学科隔行如隔山, A 与 C 的联系则长期蛰伏着,未被发现。1986 年美国芝加哥大学情报学专家 K. Swanson 博士创立了基于文献的知识发现法,并开发了 Arrowsmith 系统。

### **7. 情报学前沿领域**

情报学的发展将通过同不同学科的碰撞交叉而产生前沿研究领域,不断丰富它的内涵和扩大研究范围。据有关研究,前沿领域有:

#### **(1) “数据库知识发现”研究**

数据库知识发现 (Knowledge Discovery in Databases, 缩写 KDD) 是目前十分活跃的跨学科研究领域,情报学家利用“基于文献的知识发现法”,开发出各种软件系统,揭示数据库中不同领域知识的联系和问题的答案,找到了知识发现的新途径。

#### **(2) 语义网研究**

语义网实际上是一种智能网络技术,能理解人类语言,并能推理,不仅可以理解词和概念的涵义,而且还能理出其间的逻辑关

系。语义网技术一夜之间得出的组合方式将比一个人穷尽一辈子心力想得到的还要多,有助于人们提高自身的直觉和分析能力,促进全球范围内不同文化背景的人们之间合作。美国互联网之父伯纳斯·李希望到 2005 年用“语义互联网”取代目前的万维网。他将互联网变成一个巨型大脑,每一台接入互联网的电脑都能享受人类自 5000 年以来的全部知识。现在,全世界都在关注语义网问题,也是情报学将有很大作为的领域。这方面的研究项目有:面向自然语言处理的语法、语义计算机模式的研究,潜在的语义索引,复合词的分析模型研究,自动构成多语种词库,存取多语种信息,用户自适应集合分类法研究,知识共生现象研究,网络知识搜寻代理等。

### (3)3G(Great Global Grid)研究

欧洲各国正在投入大量人力、物力研究 3G 技术,主要目的是将各种网络信息资源连接起来,像今天的电力网格一样,方便地送到每个用户那里。目前在因特网上,信息资源分散在各个网络站点,将来,可以通过网格技术,在世界范围内对用户提供各种一体化的信息服务基础设施,也就是将分布于全世界的计算机、数据、信息、知识等组织成一个逻辑整体,用户可通过网格门户透明地使用整个网格资源。核心技术包括:信息优化使用技术,网格资源管理技术,网格中的作业调度技术,网络安全技术。

### (4)信息构建(Information Architecture)

美国建筑师 Richard. S. Wurman 于 1976 年在美国建筑师协会年会上首次提出 IA 的概念。1989 年,他在《信息悬念》(Information Anxiety)一书中对 IA 作了定义,就是如何组织信息,把复杂的信息变成明晰,以帮助人们有效地实现其信息需求。随后,随着因特网的发展,IA 的理念和应用获得了迅速的发展,特别是在情报学界和信息管理学界。IA 是把传统图书馆学情报学同现代科学技术结合,组织信息和构建信息环境,以满足用户的信息需求



的一门科学和艺术,已引起国际情报学界重视和关注,成为情报学的核心问题,并它的理念合理地运用到情报学研究领域上来。

### **(5) 知识管理研究**

知识管理不仅包括对知识本身的管理,还包括对知识有关的各种有形资源 and 无形资源的管理,涉及知识组织、知识设施、知识资产、知识活动、知识人员等全方位、全过程的管理。目前的研究热点在于:知识组织、知识链、知识发现、自然语言理解、知识管理工具、知识转换模式和 4 力场(4Ba's)研究、实践社区、最佳实践库、智能代理、知识网络化研究等。

### **(6) 数字图书馆研究**

数字图书馆正引发一场全球范围内的文化媒介迁移运动。图书馆、博物馆、档案馆等一些文化机构将进入经济开发的中心地带,传统文化资源将被开发成经济资源,导致一个国家的文化生态根本上发生变化。数字图书馆需要跨行业、跨学科、跨地区、跨国界的合作,共同解决技术问题、管理问题、运营问题和法律等问题,不同学科将从不同领域对发展数字图书馆作出贡献。情报学的理论、方法、技术是建设数字图书馆的重要支柱,同时情报学也将吸收数字图书馆集成的各个学科的养分进一步实现现代化。

### **(7) 信息技术应用**

技术方面前沿课题很多,包括:元数据技术、语料库技术、海量信息存储与压缩技术、信息可视化技术、图像检索技术、语言检索技术、人机界面技术、多语言浏览器、跨语言信息检索、自然语言理解、人工智能、大规模真实文本处理、自动抽词、自动索引、自动分类、自动文摘、概念分类(Ontology)、信息安全和保护技术等。当前要着重内容和知识开发利用的新技术和新应用的研究和探索以及实现这些技术和应用不可或缺的基础研究、基础建设和标准规范的采用。

### (8)小世界现象

从很大的人口中任意挑出两个人,这两个人彼此认识的概率有多大?任意挑出的两个人当中要达到彼此认识的最短链条是多长?1967年,哈佛大学社会心理学家斯坦利·米尔格拉姆(Stanley Milgram)作了一个实验。他给内布拉斯加州奥马哈市随意选择的300多人发信,要求他们把他的这封信寄到波士顿市一个独一无二的“目标”人,分别由每个人独自联系。米尔格拉姆告诉每个发信人有关目标人的信息,包括姓名、所在地、职业,如果发信人不认识这个目标人,他们把这封信寄给他们认为与目标人比较近的,而且是他们认识的一个人。于是开始了发信人的链条,链上的每个成员都力图把这封信寄给他们的朋友、家庭成员、商业同事或偶然熟人,以便很快到达目标人。米尔格拉姆发现,有60个链条最终到达目标人,链条中平均步骤大约为6,这个结果说成“六度分离”(Six degrees of separation),广为传播。“六度分离”在学术上称为“小世界现象”或“小世界问题”。近年来,小世界现象引起了数学家、情报学家、物理学家、计算科学家、行为科学家、数理经济学家的广泛兴趣,并对其进行深入研究,展现出广阔的应用领域。现在,我们生活在一个网络的世界中,互联网上的信息传播是我们情报学的重要研究课题,而且统计表明,尽管互联网上信息数以亿计,但网络的特征路径长度 $L$ 最多达到19,因此互联网连接具有小世界现象。可以运用小世界网络理论来改善Internet中的信息流。“小世界现象”对于情报工作者如何快捷、准确获取网上信息提供新思路。

近20年来,随着科学技术的迅速发展和各学科之间的相互渗透和交融,情报学的学科性质、体系结构以及情报学研究和信息管理内涵、理论和方法都已发生重要变化,朝着更具创造性、交叉性和时代性的方向发展,传统情报学已经落后于时代。基于这一认识,中国科技信息研究所和科学技术文献出版社邀请国内从事

情报学研究和教育的知名专家、学者,经过反复讨论,多次筛选,确定了《当代情报学(信息管理)前沿》的选题。陆续展现在读者面前的这套丛书,是集体智慧的结晶。它力图从多个角度折射当代情报学的前沿领域,将国内外的最新理论进展和方法论作了相对完整的介绍。当然,由于当代情报学研究十分活跃,融合和交叉现象十分普遍,丛书不可能也没有必要覆盖目前情报学研究中所有的研究热点和前沿。我们希望,这套丛书的面世能够对新世纪情报学的继承和发展起到积极的推进作用,并希望情报(信息管理)界的广大专家、学者提出意见和建议,以利于今后进一步修订和充实。

本文在写作中得到了曾民族老师的大力协助,在此致以深切的谢意。

### 参 考 文 献

- 1 卢太宏. 情报科学发展中的四个里程碑. 情报学报, 1990, (5): 394-400
- 2 马费成. 情报学的进展与深化. 情报学报, 1996, (5): 341-343
- 3 Kuhn T. 科学革命的结构. 王道还编译. 台北: 允晨出版社, 1985
- 4 赖茂生. 情报学的发展观. 图书情报知识, 2000, (4): 4
- 5 汪冰. 试析情报科学研究的若干重点与发展方向. 情报理论与实践, 1997 (增刊)
- 6 赵海军. 情报学的学科发展规律. 情报资料工作, 1997, (2): 7-10
- 7 许文霞. 文献计量学——科学计量学. 情报学报, 1988, (4): 301
- 8 邱均平. 信息计量学讲座. 情报理论与实践, 2000, (1-6); 2001, (1-4)
- 9 马费成. 情报学的进展与深化. 情报学报, 1996, (5): 341-343
- 10 严怡民. 现代情报学理论. 武汉: 武汉大学出版社, 1996. 80-107
- 11 汪冰、岳剑波. 情报学基础理论研究进展. 载情报学进展(第3卷). 北京: 航空工业出版社, 1999: 8-13; 岳剑波. 情报学的学科地位问题. 情报理论与实践. 2000 第23卷 P5-38
- 12 肖勇. 面向二十一世纪的情报学研究趋势. 情报学研讨会文集, 中国科

- 学技术情报学会和中国国防科学技术信息学会联合举办,2002
- 13 张力治,王忠军. 情报学学科体系, 情报学研讨会文集,中国科学技术情报学会和中国国防科学技术信息学会联合举办,2002
  - 14 符福垣. 情报学科体系建设中几个基本理论问题的探讨. 情报学研讨会文集,中国科学技术情报学会和中国国防科学技术信息学会联合举办,2002
  - 15 胡昌平. 情报用户与情报社会学. 情报学刊,1988,(1): 38-41;50
  - 16 王万宗. 技术进步与信息管理学学科群的形式. 情报理论与实践,1998,(3):130
  - 17 马费成. 面向 21 世纪的信息经济学——回顾与前瞻. 载知识信息管理研究进展. 武汉:武汉大学出版社,1998. 288-290
  - 18 吴慰慈、张久珍. 信息技术革命影响下的图书馆学情报学学科体系. 情报学报,2000,(2):99
  - 19 陈曙. 信息生态研究. 图书与情报,1996,(2):12-19
  - 20 岳剑波. 信息环境论. 北京:书目文献出版社,1996
  - 21 梁战平. 情报学的新发展. 情报学报,2001,(2):131
  - 22 梁战平. 面向二十一世纪的情报学.
  - 23 武夷山. 浅谈情报学的若干发展热点. 情报理论与实践,2002/第 25 卷第 4 期
  - 24 王知津等. 情报学的知识化趋势. 载情报学进展(第三卷). 北京:航空工业出版社,1999. 31-52
  - 25 赖茂生. 情报学的发展观. 图书情报知识,2000,(4):4
  - 26 荣毅虹,梁战平. 基于文献的发现,情报学报,2002,21(4):386-389
  - 27 Bush, V. As We may Think . Atlantic Monthly, 1945, (176): 101-108
  - 28 Smith L. Interdisciplinarity: Approaches to Understanding Library and Information Science as An Interdisciplinary. In: Vakkari P, et al. Proceedings of International Conference on Conception of Library and Information Science. London: Graham Taylor:1-4,1992
  - 29 Miksa F L. Library and Information Science : Two Paradigms. In: Vakkari P, et al. Proceedings of International Conference on Conception of

- 
- Library and Information Science. London: Graham Taylor:229-252,1992
- 30 Brier S. A Philosophy of Science Perspective—on the Idea of a Unifying Information. In: Vakkari P, et al. Proceedings of International Conference on Conception of Library and Information Science. London: Graham Taylor: 82-96,1992
- 31 Belkin N J, et al. Anormalous State of Knowledge for Information Retrieval: part I. Background and Theory. Journal of Documentation, 1982, (38):62
- 32 Ingwersen P. Conception of Information Science. In: Vakkari P, et al. Proceedings of International Conference on Conception of Library and Information Science. London : Graham Taylor:305,1992
- 33 Saracevic T. Information Science: Origin, Evaluation and Relations. In: Vakkari P, et al. Proceedings of International Conference on Conception of Library and Information Science. London: Graham Taylor: 5-27,1992

## 中译本序

在1993年9月于柏林召开的国际科学计量学与信息计量学学会第四次会议上,本书的一位译者告诉我,与英语不同,在汉语中有两个词与“information”一词相对应,即“信息”和“情报”。“信息”可与不确定性或香农(Shannon)式的信息概念联系在一起,而“情报”则表示“有意义的信息”。

巴特逊(Bateson 1972)曾提出将“情报”或有意义的信息理解为“可造成差异的差异”。这样,香农式的信息则可以视作是单纯的“差异”,或者采用更一般的说法,可视作是蕴含于表示不确定性的一个分布中的期望信息。当这一不确定性后来造成了差异之时,意义也就随之产生并构成了交流的第二个维度。意义通过另一维度作用于不确定性。通过选择性的相互作用,意义和不确定性可在这两种维度之间产生有意义的信息(“情报”)。

科学交流通过重构信息的原先意义给这个循环操作增加了更多的维度。这样,通过从整体上扩增可能的意义的数目,就增加了冗余这个维度。然而,通过新的意义之间的相互作用,又可以在局部范围内产生出更多的不确定性。这样,我们就可以期望科学概念包含着“产生了差异的意义”,但我们只能在整体层次上如是期望。

可以预想,围绕着意义而进行的递归式的相互之间的选择性操作,将产生出一些专门语言。继之,新语义学将为我们提供一些视角,以便我们将“自然的”世界——它充斥着种种原先的意义——重构为“建基于知识”的系统。藉助于算法操作,“建基于知

识”的社会和经济在不断地重构信息与意义系统。

各种可观察的“分析单元”将逐渐为基于“操作单元”的算法模型所取代。然而,我们可以借助于我们到目前为止所厘清的关于交流的稳定轨迹,赋予各种潜在地违反直觉的操作以意义。因此,不论是在自然语言之间,还是在科学范式之间,翻译或转译均将成为至关重要的操作。通过同时提供文本及这些文本的含有新意义的信息对象,转译可以为我们提供在整体层次上进行交流的机会。各种期望就可以被系统化并可被不断更新。

从这个角度来看,我非常感谢那些将这项研究成果翻译成中文的同事。这项研究分析了科学交流如何使我们能够建构和重构种种建基于知识的系统。在研究我们所考察的各门学科的重构时需要哪些方法呢?1995年本书首次出版以后,我又在本书的姊妹篇,即2001年出版的名为《交流的社会学理论:建基于知识的社会的自组织》(参见武夷山,书评,科学时报·读书周刊,2002)的专著中详细地论述了此研究的算法侧面。但是,正是这项研究为理解藉助于信息论进行的各种重构操作提供了方法论。

我希望中译本的读者能够欣赏书中的详细分析。本书译者已为我们跨越国界和交流范畴来发展我们这个专业,开辟了机会之窗。能与他们一同工作,我一直感到十分愉快。我们谨此感谢荷兰科学研究组织(NWO)支持出版此译作。

洛埃特·雷迭斯多夫

2002年7月 阿姆斯特丹

(乌云译)



### 参考文献

Bateson, G. (1972). *Steps to an Ecology of Mind*. New York: Ballantine

Leydesdorff, L. (2001). *A Sociological Theory of Communication: The Self-Organization of the Knowledge-Based Society*. Parkland, FL:

Universal Publishers; at <<http://www.upublish.com/books/leydesdorff.htm>>.

武夷山(2002).《科学时报·读书周刊》,书评,2月2日

# 前 言

本书是本人作为一名科学计量学者多年来与哲学家、历史学家和科学社会学家合作的结晶。毋庸讳言,我非常感谢阿姆斯特丹大学科学技术动力学系的我的同事们,感谢他们对科学计量学的直言批评和质疑。1987年,在欧洲科学技术元勘协会(EASST)的资助下,我有幸组织了关于科学技术元勘的量化理论与科学计量学方法的运用之关系的研讨会,并协助编辑了一期针对这一主题的《科学计量学》特刊(见 Leydesdorff 等,1989)。本书的研究大纲主要以这次研讨会形成的研究议程为基础。

在我曾与之讨论过与本研究相关问题的众多同事中,我要特别感谢苏珊·科曾斯多年来与我的合作,还要感谢米歇尔·卡龙和让皮埃尔·科蒂亚与我就“共词方法论”进行的多次讨论。1990年,我曾到他们所在的巴黎国家高等矿业学院的创新社会学中心访问。至于荷兰的同事,我想感谢格特鲁德·布劳霍夫和彼得·范登贝瑟拉尔(社会科学信息学系),伍特尔·范罗森(格罗宁根国立大学)和阿里·里普(特文特大学)与我讨论科学计量学方法及其理论阐释。最后,我要感谢吉恩·穆尔为我做英文校对,但书中若有任何错误仍由我负责。

洛埃特·雷迭斯多夫

1995年2月于阿姆斯特丹

(黄军英 译)

## 第二版前言

本书为第二版,它与 1995 年莱顿大学 DSWO 出版社出版的第一版没有本质区别。全文作了必要的全面修订、更新和改进。非常感谢曼弗雷德·伯尼茨为我指出第一版中的一些问题和排印错误。特别值得一提的是,在第十章增加了一个小节,讲述路径依赖型转变对于企业行为和公共机构的意义(Blauwhof 1995; Leydesdorff 和 Van den Besselaar 1998)。

在修订第二版的同时,本书的第一版已被藤垣裕子、林隆之、富泽宏之、平川秀幸、调麻佐志、牧野纯一郎译成日文,书名为《科学计量学的挑战:科学交流的自组织》(玉川大学出版部,东京,2001)。在准备关于“引证理论”的《科学计量学》特刊(Vol. 34, No. 1; Leydesdorff, 1998)时,我与我的日本同行们进行过非常热烈的讨论。在这方面,我还要感谢我的同事保罗·伍特尔斯对他所谓的“引证文化”做出的贡献(Wouters 1999; Leydesdorff 和 Wouters 1999)。

在《交流的社会学理论:建基于知识的社会的自组织》一书(Universal Publishers, 2001, 网址: <http://www.upublish.com/books/leydesdorff.htm>)中,我对自己的理论作了进一步详细的阐释。可以说,这两本书相互补充,为研究科学交流和编码过程的知识基础分别提供了理论和方法。

洛埃特·雷迭斯多夫

2001 年 2 月于阿姆斯特丹

(黄军英 译)

# 目 录

第 1 章 科学计量学与科学元勘 .....	( 1 )
第 1 节 科学计量学的挑战 .....	( 3 )
第 2 节 词、共词、信息、熵、自组织 .....	( 5 )
第 3 节 本研究的组织 .....	( 6 )

## 第一部分 科学计量学:理论透视

第 2 章 科学计量学与科学社会学 .....	(15)
第 1 节 分析单元、集总层次和维度 .....	(16)
第 2 节 科学知识社会学(SSK) .....	(20)
第 3 节 话语分析 .....	(26)
第 4 节 转译社会学 .....	(27)
第 5 节 行动者的网络/词语的网络 .....	(29)
第 6 节 结论 .....	(31)
第 3 章 科学的知识组织 .....	(34)
第 1 节 (新)约定论传统中的知识和语言 .....	(36)
第 2 节 科学方法在认识论上的优先地位 .....	(37)
第 3 节 作为科学话语之功能的科学方法 .....	(39)
第 4 节 社会科学 .....	(40)
第 5 节 从学科公理到组织化科学 .....	(43)
第 6 节 结论 .....	(48)
第 4 章 文本数据的方法论优先性 .....	(51)
第 1 节 科学理论的网络模型 .....	(51)
第 2 节 文本与词的共现 .....	(53)

第3节 通过词对单篇文献进行全文分析 .....	(61)
第4节 结论 .....	(75)
第5章 科学文章的全文分析 .....	(77)
第1节 样本选择 .....	(78)
第2节 处理 .....	(85)
第3节 结果 .....	(86)
第4节 结论 .....	(90)
第5节 使用词典建造人工智能的后果 .....	(91)
第6章 从词和共词到信息和概率熵 .....	(92)
第1节 指标揭示了什么 .....	(92)
第2节 科学元勘的理论和方法 .....	(94)
第3节 科学元勘的方法论要求 .....	(95)
第4节 总结和结论 .....	(98)

## 第二部分 利用信息论进行方法论研究

第7章 静态模型 .....	(103)
第1节 信息测度 .....	(103)
第2节 样本选择 .....	(106)
第3节 结果 .....	(107)
第4节 三维推广 .....	(111)
第5节 集总问题 .....	(114)
第6节 哪些词 .....	(118)
第7节 结论 .....	(120)
第8章 科学发展动力学的模型化 .....	(122)
第1节 方法 .....	(123)
第2节 文本中词出现频度分布的变化 .....	(125)
第3节 突现的问题 .....	(130)
第4节 在 DICTYOSTELE DISCOIDEUM 领域作为 .....	

---

事件的出版物	(133)
第 5 节 从科学文本迈向专家系统时代	(144)
第 9 章 网络数据的静态与动态分析	(146)
第 1 节 “引用”与“被引”作为静态模式的变量	(149)
第 2 节 聚类分析	(150)
第 3 节 图与团	(159)
第 4 节 动态分析	(163)
第 5 节 预测修正	(169)
第 6 节 预测	(170)
第 7 节 总结与结论	(175)
第 8 节 对于社会网络分析的意义	(176)
第 10 章 科学技术网络中的不可逆性	(179)
第 1 节 方法论	(180)
第 2 节 马尔科夫链和“突现”问题	(189)
第 3 节 结论	(193)
第 4 节 应用	(195)

### 第三部分 交流、概率熵与自组织

导言	(207)
第 11 章 EC 政策对跨国发表系统的影响	(210)
第 1 节 发表业绩的测定	(211)
第 2 节 分布与系统	(218)
第 3 节 从“是否”到“何时”与“为什么”	(226)
第 4 节 合著关系系统是否已出现	(229)
第 5 节 结论与讨论	(230)
第 12 章 知识表象、贝叶斯推断和经验性科学元勘	(233)
第 1 节 贝叶斯公式的信息论评价	(233)
第 2 节 在社会网络分析中的应用	(235)

---

第3节	科学计量学中的一个经验范例·····	(237)
第4节	贝叶斯推理·····	(241)
第5节	科学与科学元勘中的专家系统·····	(248)
第13章	建立科学交流的数理社会学的可能性·····	(253)
第1节	不确定性、信息和社会学意义·····	(254)
第2节	交流的递归性·····	(258)
第3节	交流系统的经验描述·····	(260)
第4节	交流系统状况的假设·····	(263)
第5节	方法性和理论性结论·····	(267)
第6节	对于科学知识社会学的意义·····	(274)
第7节	对于转译社会学和共词分析的意义·····	(279)
第8节	科学计量学面临的进一步挑战·····	(283)
参考文献	·····	(287)
译名对照	·····	(316)
人名对照	·····	(320)



# 第1章

## 科学计量学与科学元勘

在社会科学领域,定性理论探索分析与定量研究方法之间的矛盾无处不在,也对经验研究提出了经常性挑战。但在科学元勘 (Science Studies)<sup>〔1〕</sup> 这个跨学科专业中,有更多的理由表明,为什么需要对相关学科之间的差异获得更具自反性的 (reflexive) 认识。

首先,在科学元勘相关学科谱系中,一端是人文学科,如“思想史”和哲学,另一端是“科学计量学”,这两端的贡献之间的知识距离比多数社会学科还要大。同时由于“科学哲学”在科学元勘中的中心地位,因而认识到方法的差异尤为重要。第二,在过去几十年中,科学元勘已经发展成一门拥有自己的期刊、学术团体和大学系部的跨学科专业。因此而来的职业认同和意蒂牢结 (ideology)<sup>〔2〕</sup> 必然要求在一定程度上融合各相关学科的观点,并建立与相邻学科结构相关的相对独立的、可识别的规范和标准。

各学科之间在研究方法、标准和推论风格方面的差异,不亚于实验室研究、思想史或科学计量学指标研究之间的差异,学科之间的这种差异太大,因此通常不适合进行经验研究。在单个研究项

---

〔1〕 关于 Science Studies 一词的译法,国内颇有争论。本书采用北京大学哲学系刘华杰副教授倡导的译法——译者注。

〔2〕 该词通常译为“意识形态”,本书采用台湾学者殷海光倡导的音意结合的译法——译者注。

目的框架中,就其他学科背景中得出的有用结论提出方法论问题,往往是无效的或不实际的。例如,历史学家要描述一个思想谱系,他们可能会采用引证模式或其他任何指标来说明自己的观点,而通常没有兴趣去尝试略微变化一下方法,将相同的数据聚集到不同的结构之中,尽管这样做有助于把研究对象研究得更清楚。

针对一个项目或者甚至一项机构级计划,就临时边界和方法做出决定,是非常合理的。然而,在跨学科专业层次进行的学术交流不可避免地会“解构”隐含的假设:在一种情境下看起来可行的研究假定,从另一学科的视角来看可能会显得不够精致,忽略了已有的知识。如果没有一个通用的参照系,这类讨论很容易蜕变成来自不同研究纲领和学科的人员之间的优先权的争论。

科学元勘领域参照系的共性之形成,主要来自对主题——科学发展的共同兴趣。由于相关学科的贡献具有明显差异,理论综合一直比较滞后。综合工作采取了以下形式:编写百科全书类著作,这里词条的选择是以纲领性标准为基础的;集体编写手册、年鉴等(例如,Spiegel-Rösing 和 De Solla Price 1977;Knorr-Cetina 和 Mulkay 1983;Van Raan 1988;Jasanoff 等 1994)。

这样一来,似乎科学元勘这门交叉学科又面临困境。理论依据有待于在不同的学科背景下寻找,而在该专业内部的争论中,这些背景只有利于论证某一种特定进路。一旦这个进路受到质疑,那么讨论就会转移到更抽象的哲学层次。但当分析人员注重结果时,如果不临时接受这个进路,似乎就没有用以评价结果的明确标准。各学科提供给我们的科学动力学知识无法得到系统利用。这似乎不是个权宜性的选择——我们确实缺少超越百科全书式收集资料层次的综合方法。的确,目前科学元勘的研究水平是“前范式”的,它只在主题层面上是一个综合的跨学科领域,而就对之做出贡献的各相关学科来说,它是一个应用领域。

## 第1节 科学计量学的挑战

如上所述,科学元勘这一知识活动的共性在于研究对象的共性。因此,从这一点出发去寻找一个共同的框架似乎是合宜的:科学元勘适当的理论目标是什么?应在哪些维度界定相关的问题?我们如何将这些问题同那些并非科学元勘主要问题但可能与科学元勘相关的问题区分开?这些问题都是认识论的,涉及什么可视为“科学领域”的认识,而“科学领域”与现代社会中人们所研究的其他领域是不同的。

科学计量学纲领的优势体现在它将科学作为一个探究领域这一正面的界定。科学计量学进路常常因其“客观性”立场而受到指责(例如,Edge 1979;Chubin 和 Restivo 1983)。在我看来,这些主张是相对于特定的方法和结果而提出来的,不能因此就否定科学计量学在认识论层次上的挑战,即科学发展可以付之测度这一论断<sup>[1]</sup>。在本书中,我将会论证说,像图 1-1 那样的多维图可以用来描述这个“科学领域”。

沿着图 1-1 的三个维度及其相应的分析单元,可以区分各个集总层次上的研究<sup>[2]</sup>。例如,词组成了文本,即期刊上的科学论文,而期刊属于档案;科学家组成研究小组,研究小组则属于科学共同体;知识论断是以理论为基础的,而理论植根于学科中(有人也许还想将这里示例的三维增加到更多维数)。这个图还表明了,沿着各个轴以及各轴之间所发生的动态过程有本质方面的差异(例如,Holzner 等 1987)。

---

〔1〕 比较强调自反性的科学元勘传统,有时甚至不承认有可能给科学下一个正面定义,从而使之成为科学研究的对象(例如,Woolgar 1988)。

〔2〕 关于类似的分类方法,参见 Borgman 1989。

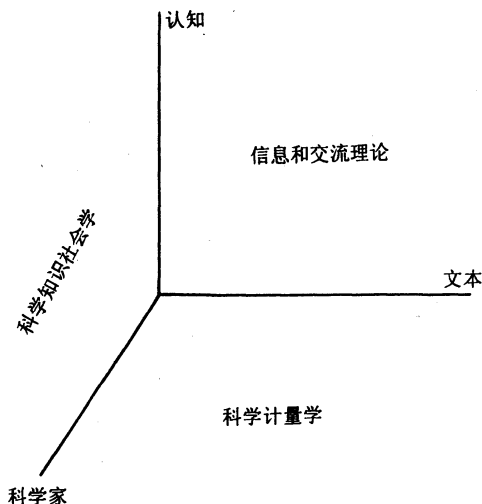


图 1-1 将科学之研究看作是一个多维问题

除了要有一个图来描述研究对象的类型并进而区分出我们认为与围绕科学的理论分析相关的那些问题之外,还需要有一种“语言”,用来研究这样一个图中的现象。尽管这个现象是异质的,但这种“语言”应该能够为我们提供内在一致的描述该领域的一种方法论工具。此外,这种语言应能帮助我们捕捉到科学发展的核心过程,并指引我们做出进一步的方法选择。

在科学领域“词”的无所不在曾经导致我和其他同行在词和共词研究上花了很大力气(Callon 等 1986; Leydesdorff 1989b; Callon 等 1993)。在本书中,我认为“信息”是一个更基本的概念(参见 Mandelbrot 1968)。为降低环境的不确定性而对信息进行的系统加工,正是科学计量学工作者努力描绘的科学发展的核心过程。

## 第2节 词、共词、信息、熵、自组织

我采取的是如下两个主要步骤:在第一部分对科学元勘的定量和定性视角进行批评性考察之后,为科学元勘欲发展为一个综合领域所需要的方法提出了一系列标准。在第二部分,我将阐明的是,信息论符合所列的标准。采用这个方法,就可以解决科学元勘定性研究(如,重构的意义)和定量研究(如,科学指标的预测)两方面的中心问题。

“信息”(Shannon 1948)是内容无涉的,这就是说,其内容可在每个集总层次上,根据某一特定研究方案中考察的各维度进行定义。另外,信息作为一个测量单位是非参数的,这意味着我们不必先就测度尺度或其他数学理想化情形提出假设(Krippendorff 1986)。此外,就其目前的形式化程度来说(Theil 1972),信息论是直接由概率论推衍出来的,因此可以将其研究成果与其他多种形式的社会科学统计结果系统地联系起来,也能将贝叶斯科学哲学的结论引进来。最后,由于信息论中的所有公式都是由简单累加构成的,因此这些测度值的运用非常适合进行分解和(或)集总。

由于作为研究对象的科学交流过程是多层面的,因此科学元勘是非常复杂的。数据以及数据中的(潜在)结构都在不断变化。此外,数据可以看作是科学家提出的评价,这些科学家可反身性地修正其解释。但除非采用数据分析的算法方法,否则数据的变化就无法与相关维度的变化(或者更一般地,不同层次的变化)系统地加以区分。信息积分使我们可以在一个设计方案中将复杂数据结构(如网络)的多变量分析与时间序列分析结合起来。

在本书的第三部分,对网络中可能出现的不可逆性的研究促使我进入本项研究的第二个主要步骤,即对系统论(即自组织理论)进行二级处理,并最终将科学知识数理社会学具体归结为科学

交流的编码过程。我将表明,将复杂的分析单元从其情境(context)中区分出来,是对所研究的系统的未来行为进行预测的前提。这种情境区分必然是假设的——结构的发展是潜在的,因此只能基于不确定性的重构来认识发展。分析人员观察到了复杂动态系统的相互作用或“个例化”(Giddens 1979),这些观察值使我们得以调整期望值。

### 第3节 本研究的组织

科学计量学将科学概念化为一个可测度的多维构造物,这一观念植根于科学哲学。这种哲学立场需要合理性辩护。本研究各部分的总体组织,一方面反映了这种对辩护和划界的需要,另一方面反映了对经验研究的方法论分析和视点的需要。

第一部分包括对本研究的大纲的理论辩护。从哲学和社会学视角提出了多维图并对其进行了评价。在接下来的一章,我分析了科学社会学领域的一些主要纲领,并且表明,只要在社会学家未把其研究领域局限于科学事业的机构维度,而试图发展一门科学知识社会学,方法论问题立刻就突现出来。我论证说,在科学知识社会学领域,重要的方法论问题已经在被反思,但尚未充分澄清。作者们在处理这些问题时都做了很强的纲领性假设(例如,Bloor 1976; Callon 等 1983; Latour 1987)。

在我看来,需要在对各分析维度之间以及静态和动态问题之间进行更严格的区分。例如,“社会-认知”(互)作用已经成为新科学知识社会学的核心<sup>[1]</sup>。不过,分析人员应该分解开两个问题,一是在任一时刻,社会-认知(互)作用中的社会维度与认知维

---

[1] 例见 Pinch(1982),第17页:“在这个解释中,‘范式’作为一个术语,强调的是科学活动的综合的社会-认知特性。”

度是如何共变的,另一个动态问题是,在下一时刻这种(互)作用是如何影响和复现结构的。这两个问题都可以进一步具体化,而后再将二者结合起来。关于这两个问题之间的关系的纲领性假设所带来的特定局限,也可具体加以考虑。

我们可以观察到社会-认知互作用,但只有在拥有使这些互作用具有意义的假想情境之后,才能具体说明这些互作用的含意。要详细说明某一社会情境、某一科学领域的互作用和/或其他(如随之出现的)互作用之潜在的不同含意,就要求我们能够在社会变化、认知变化、社会-认知共变或相互作用项之间做出区分。不可能指望各种不同的效应相互一致,因此不对称是普遍存在的。由于科学知识社会学家在解释“社会-认知互作用”的效应时一直纲领性地赞成“对称性”,因此上述分析结论可能会产生深远影响。

另外,前面的图 1-1 隐含地向我们展示着这样一个看法,即存在着一个分析上独立的认知维度。然而这个假定对研究的设计和研究结论的解释都有影响。在经验研究中如何描绘认知性的分析单元(如一个理论)呢?在本书的第3章,我分析了现代科学哲学领域的一些主要传统,重点讨论的是用什么术语来解释科学的什么现象这一方法论问题。一方面,科学知识的认知内容被认为是科学哲学的核心,它植根于逻辑实证主义(尤其是批判理性主义),或者说是逻辑实证主义的回应。在这种情境下,认知维度被认为是科学事业中其他一切事物的基本原因。认知性发展有两个作用,既是对科学在其他所有维度上发生的事情的解释,也是区分哪些科学贡献需要做出说明、哪些不需说明的规范标准。

例如,当拉卡托斯(Lakatos 1970)论及尼尔斯·玻尔(Niels Bohr)建立作为研究纲领的原子模型时所做的选择的时候,他用我们后来已经逐渐接受的原子模型回过头来说明玻尔的选择。作为行动者,这位科学家的行为(表现在对研究路线的选择)是依据物理学的认知发展来说明的。不过,根据拉卡托斯的科学哲学,行为

的方方面面是依情形而定的,因此,他这位哲学家的目标不是要说明这些方面,而只是利用历史事例来阐明认知维度的重构。与之类似,用科学文本之间的关系来进行说明本来也是可能的,尤其是其方法论地位是等同的。行动者的行为和文本都可以作为正在发生的理论进展的旁证。

根据科学哲学的另一主要传统——(新)约定论者的传统,在文本的内容和行动者的行为之间不存在这样的方法论上的等效。它们的地位是不同的:在这里,语言是科学发展的中介,因此文本和话语在说明图式中具有优先地位。奎因(Quine 1962)认为,科学是由事实和理论织成的,而相应地,理论和观察之间的任何逻辑空白就被还原为经纬问题,即还原为语言内部的程度之分,而不是种属之分(Hesse 1980)。波普的不对称性观念,即基于约定的基本陈述与处于世界3的理论之间的不对称(或类比一下,卡尔纳普提出的观察陈述与理论陈述之间的不对称),现在已被明确否定。根据新约定论者的传统,你甚至不能根据话语来说明认知,因为认知和语言之间的差异现在是成问题的。语言和社会之间的关系是剩下的关注重点。

根据科学哲学的约定论传统而否认将认知维度和语言维度分开的可能性,从设计经验研究项目的角度看似乎倒有吸引力。那么,复杂程度降低就是可能的了,这对经验研究很有好处:认知结构的构成问题即认知认识论,甚或是本体论的地位就消解了,因为我们可以说该问题超出了经验研究的范围,因而相对来说是个不着边际的问题。别的且不说,“转译社会学”或行动者网络进路的拥护者们就强烈依赖于诸如此类的哲学立场(例如, Law 和 Lodge 1984)。

我将在两个层次上反驳社会学将多维问题简化为二维的做法,一维是科学的文献表现,另一维是当地的行动者或团体的认识。在第2章和第3章,我的论述是在理论层次上进行的,而在第



4 章和第 5 章我将经验地说明,为什么当一个人只注重诸如词、词的共现或人类行为等可观察量时他就会陷入困境。利用生物化学这个有限领域的 18 篇科学论文的全文,可以说明,词分布的变化是由概念的变化、语义变化等各种变化引起的,必须对其加以区别(第 5 章)。这种对独立变化源的区分,再次提出了潜在因素的分析问题。除了在每个时刻进行因素识别之外,还可以提出如下问题:各种因素是怎样随可观察数据的变化而历时变化的?我们将看到,宣称潜在因素发生了变化,就需要运用算法积分。

通过讨论不同的研究纲领,使得罗列科学元勘有用方法所应满足的要求成为可能(见第 6 章)。例如,除了较为技术性的要求外,这些方法应该允许运用定性数据和动态分析,而不局限于一些特定的理论视角以前做过的贡献。我论证说,这类方法有发展空间,因为概率推理广泛应用于各种相关学科,如信息论、统计分解分析、对数线性建模和贝叶斯统计,所以它为建立单一的综合框架提供了一种视角,在这个框架中可以吸纳考察科学的多种学科视角所作的贡献。

在本书的第二部分,我论述了利用较简单的信息论统计方法来研究科学元勘中某些主要问题的好处。在第 7 章和第 8 章,利用信息论对进行词频分布研究(见第 5 章)时采用过的 18 篇文章之间的关系进行了静态分析和动态分析。不管这些研究看起来技术性多强,它们对经验性科学技术元勘的影响都是很大的。一旦要研究的现象可用经验数据具体表达出来,就可采用我们提出的方法来解决如下问题:(1)每个单元(事例或变量)对变化的影响有多大;(2)集总和分解的效果;(3)在动态模型中涉及重构的一些问题。

利用这些优势,我从第 9 章开始反思建立为系统的那些数据复合体与未建立为系统的数据复合体之间的区分。第 10 章重点讲述的是,怎样不从关系的角度而是从运作的角度研究系统。从

概率论角度讨论了网络结构的不可逆性(“路径依赖”和“突现”)。理论上讲,这使我们得以用行动者网络进路来处理概念(参见 Callon 等 1986;第 10、11 章),并且为“行动结构论”增加时间这个维度(参见 Burt 1982;第 12 章)。

在第三部分,建立系统的观念得到更清晰的阐释。在第 11 章中,用经验方法分析了欧洲委员会科学政策对西欧跨国发表系统的影响:除各个国家的科研系统外,是否突现出了一个欧洲级的研究系统?这个研究课题再一次引入了动态分析中的多变量视点:如果一个行动者网络不是一个系统,而是一个网络中的多个分立系统(行动者)的复合体,其操作具有潜在的差异,那么我们怎样才能研究这些系统(如各国的科研系统)之间的相互作用呢?

处于节点上的行动者的操作相对独立于行为网络的操作,这种假定其实是人们已很熟悉的并行分布计算的模型——每个处理器自行进行运算,而网络运行的是另一个程序(例如, Rumelhart 等 1986; Bertsekas 和 Tsitsiklis 1989)。这个模型还应用于人工智能,用来解决根据特定信息进行局部更新的难题(Pearl 1988)。我们在第二部分建立的方法论工具箱为我们提供了这么一种处理方式,也就是将结构概念当作权宜性的,但在其分布式运行时,结构只依赖其他的权宜情形(只要后者也在运行)。否则,自参照(可根据自动共变来运行)就居于支配地位。在第 12 章中,从科学哲学的贝叶斯纲领的角度,通过利用人工智能领域的知识表述,论述了我们这个经验性科学元勘的纲领。

卢曼(Luhmann 1984)细述过一个将社会视作一个交流系统的模型。这个社会系统不再被认为是人的集总,而是由各种链接组成的系统,这些链接被加于完成着自身的操作节点(即一个又一个人)之上,且随这些节点而变化。卢曼(Luhmann 1990)提出的科学社会学和香农(Shannon 1948)提出的交流的数理理论具有共同的现代生物学和非平衡态热力学背景(例如, Prigogine 和

Stengers 1979/1984; Maturana 和 Varela 1980; 参见 Swenson 1989)。然而,这两种理论并非只是热力学原理的另一应用。事后看来,这两种理论其实揭示出:在元层次上对科学进行研究本身就是科学发展的一部分,因而可以与目前方法论的进展(即对非平衡态复杂系统的研究)联系起来。在最后一章——“建立科学交流的数理社会学的可能性”中,我联系科学元勘的其他传统具体论述了本项研究的结论<sup>[1]</sup>。

(黄军英 译)

---

[1] 关于社会系统层次的详尽阐述,见《交流的社会学理论:建基于知识的社会自组织》,Universal Publishers,2001年,网址:<http://www.upublish.com/books/ley-desdorff.htm>

# 第一部分

## 科学计量学：理论透视

## 第 2 章

# 科学计量学与科学社会学

截至 1970 年前后,关于科学知识的增长和变迁模式的问题一直属于哲学领域。科学哲学的中心议题是知识的有效性(“辩护的情境”)。然而,这一哲学重构在分析上应该与知识是如何被生产出来的问题(“发现的情境”)区分开来。一般认为,后者属于社会科学范畴。

关于科学知识的增长这一哲学议题,与试图解释何以可观察到的各种分布有差异的社会学探索之间的联系,主要是由普赖斯和库恩等历史学家确立的,他们能够从科学事业的制度性成长这一广阔的背景性视角来看科学活动的重大发展。普赖斯(Price 1965)强调了知识增长与文献集之间的关系;库恩(Kuhn 1962)指明了知识增长和在范式内工作的作者们之间的关系。

关于文献集和作者群之间的关系的,可归结于前一章介绍的多维图式的那一组问题的自然延伸(例如, Crane 1969),尽管这些问题从知识性科学史的写作这一视角来看也许不那么显眼,然而,这一延伸架起了科学元勘当中文献计量学的进路和社会学理论探讨之间的桥梁(例如, Griffith 和 Mullins 1972; Cole 和 Cole 1973)。特别是,根据斯莫尔和格里菲斯的建议(Small 和 Griffith 1974; 参见 Marshakova 1973),即用共引(co-citation)作为指标来反映作者们如何感知其相关环境,人们开展了一些重要研究,将文献计量学数据和社会计量学数据结合起来以解释科学的发展(例

如, Mullins 等 1977; Studer 和 Chubin 1980)。

科学计量学随后的发展的一个深层因素是 20 世纪 70 年代情报学的快速进步。美国国家科学管理委员会 (National Science Board) 两年一次的科学指标报告, 澳大利亚和加拿大等一些国家的官方研发指标系列, 都系统地利用了《科学引文索引》(SCI)。应用过程中提出了一些方法论的问题, 例如, 文献计量学数据集的统计学特征 (例见, Narin 1976; Martin 和 Irvine 1983; Moed 等 1985)。源自 SCI 和其他科学文摘社的数据库之利用量的增加, 开拓了定量的科学政策研究的市场。关于科学的可靠统计数据, 包括时间系列数据, 趋势外推, “挑选优胜者” (Irvine 和 Martin 1984) 等, 已成为这一领域的主要目标 (例如, 可参见 Van Raan 1988)。

然而, 科学家和科学政策制定者对文献计量学数据的日益接受, 本身并不能对数据的意义和重要性提供充分的知识保障。将更复杂的科学计量学手段应用于越来越大的数据库, 可能会导致一场阐释的危机, 因为不管这些数据的潜在政策意义如何, 我们迄今对这一文献计量学数据到底意味着什么, 仍未有一个理论完备的理解 (例如, Edge 1979; McRoberts 和 McRoberts 1987)。除了有关指标的理论意义的问题, 人们已在许多场合提到了各种数据和指标之用途的局限 (例如, Woolgar 1991)。在定量科学元勘中, 人们不断呼唤引证理论<sup>[1]</sup>, 这本身就显示了更系统地探求科学计量学方法的应用和定性方法之间的关系的紧迫性。

---

[1] 有关这一点, 参见文献综述: Leydesdorff and Amsterdamska 1990。关于“引证理论”的讨论, 见 Leydesdorff 1998。

## 第1节 分析单元、集总层次和维度

关于如何将定性理论与科学计量学方法联系起来的课题,目前的主要问题似乎是,一方面,我们有关于科学的一套指标、手段和数据库,另一方面,也有社会学的理论探讨,但这些理论论述不易细化为模型,并在科学计量学数据和手段的帮助下加以运行和检验。但是,这些科学计量学模型一旦置于它们被开发的原初领域以外进行检验,面对科学系统内的更复杂的相互作用,它们似乎就会崩溃。科学活动除具有多维性和自反性特征外,它还是在不同的集总层次组织起来的(例如,Spiegel-Rösing 1973,第106-131页;Küppers等1979;Studer和Chubin 1980,第269页及其后),并且在一定的条件下,似乎有可能在某些层次上将这些资源和成果进行相互转换(Latour和Woolgar 1979)。

为了处理这些经验研究的复杂性,主要有两大策略:要么精确地描述差异,要么大大降低复杂程度,为此所采用的方法是对分析单元一视同仁和缩减集总层次。所谓“转译社会学”就运用了后一种方法:在行动者网络里,社会的、认知的和自然的单元间的结构上的差异是明确不予考虑的,并认为,网络的各个节点可由另一个(相似的)网络重新构成(Callon等1983;1986)。后面我将对这一进路进行更全面的阐述。

在定量研究中,在分析上对维度、分析单元和集总层次进行区分是更为常见的做法。例如,绩效测度常常以一个组织类的分析单元(例如,研究设施或研究组)作为科学分析的出发点,而其他研究(例如,科学社会研究)则往往以认知的分析单元或特定的话语来探讨科学(Collins 1985a)。在文献计量学研究中,文献集可以区分出来作为又一种分析单元。

在我看来,科学元勘中的每一个分析单元首先是认知、文本和

科学家三者的复合物<sup>〔1〕</sup>。这些基本模块具有不同的性质:既不能把科学家还原成他们的认知,或把文本还原至其作者,也不能把认知等同于其被表达的语言。然而,可观察的分析单元是复杂的;各种复杂的单元可成为截然不同类型的理论的研究对象,因为这一复合体的集总与组织可以代表不同的系统以及系统的历时发展。例如,期刊量是文献的特定集总,而期刊也是一种社会建制。

事物能以不同的形式分类,因此,分类本身可作为一个变量。集总和/或组织就表示这一种或那一种组合规则的应用。随着人们后来认识到,被组合的东西也是可以从分布的角度加以分析的,这一集总变量的规定性就明朗了。集总和组织是被组合的维度和组合它者的维度之间相互作用的结果。例如,如果认知被组织成文本,或者说用认知术语(例如,研究课题或科学理论)来组织文本,那么就总是可用被组合的变量和组合它者的变量来分析这一复合结果。因此,分析复杂现象时,不应仅将其作为低层次的单位的集总,还应考虑多个分析维度及其相互作用。高层次的系统具有比构成这一系统的单元之和更大的变异性,特别是,增添了正被组合的东西与组合方式之间的相互作用这一要素。

总结一下,由于我们介绍的认知、文本以及行动者都是可包容入网络的“异质的”模块,因此,每一复合物都可借助这些维度进行分析。在上述的(文本)期刊量的示例中,组合变量可以用认知的和/或社会的术语来确定。各种维度之间的共变关系时时刻刻都存在,在动态分析中,每种共变关系都导致一个相互作用项<sup>〔2〕</sup>。

---

〔1〕 其他维度的分析(例如,从经济关系或政策意义的角度)并没有被排除。但是,社会的、认知的和文本的维度对于这个对象世界之描述(即科学)的意义是给定的,而其他的维度则必须在进一步的理论考虑和/或具体的研究课题(如技术元勘)的基础上方能引出来。

〔2〕 我们是否仅可用这些维度来描述?怎么描述?在多大程度上描述?除了描述以外还可以测度吗?如何测度?在多大程度上测度?则是另一个问题。请注意,描述就需要加以分类,这就等价于用名义尺度对变量进行测量。



沿不同的维度,我们可以区分出各种集总层次的研究。不过,对于科学元勘有意义的单元,通常可根据上述三个维度来确定。大多数科学计量学研究会选择作者(群)和/或文献(集)作为分析单元,因为使用认知分析单元的研究,必须从哲学的、历史的或另一种可取的观点来探讨科学发展。在语言学导向的科学哲学分支中,人们越来越倾向于用语言网络来认识讨论科学知识,而这种网络是可以用情报学方法来进行经验研究的(Hesse 1980)。

让我们首先来看当前的科学计量学中两个主要的分析单元:即作者及作者群和文献及文献集。这是用社会的和认知的标准来分类的。当我们指出作者或研究机构之间的构成和配置时,其实我们是在将科学计量学的数据用作一种在本质上属于社会计量学的分析的投入。我们可在作者、机构和共同体等之间进行对比,而且可用各种社会网络分析的方法来分析其基础结构(例如, Freeman 1978; Burt 1982)。那么,对指标(让我们以引文为例)进行评估时,我们必须关注的是,就社会网络关系而言,指标可能意味着什么。结果,通过这样的研究,就可以围绕绩效、层级、群体结构和精英结构这些典型的社会学问题做出推论(参见 Burt 1983)。

当科学计量学指标被用于文献计量学框架时,其他一些问题就成为中心问题了:例如,是否可能将科学及其发展“绘制成地图”。这些问题将科学计量学活动与信息检索、数据表示以至语言学的理论侧面联系了起来。请注意,当我们将引文或是共用的标题词用作反映关系(两份文本间的关系,那些文本的作者之间的关系,引用作者和被引用的文本——引文情境分析间的关系,或被引用作者和引用文本间的关系)的指标时,视点就发生了变化(参见 Leydesdorff 和 Amsterdamska 1990)。

社会计量学传统不是仅限于对作者及其发表物开展的研究。对于用科学计量学手段获得的数据,还可进一步用其他的社会科学方法(例如,调查,行为数据)来分析利用。一方面,当我们想研

究科学家是如何实际生产科学知识时,行为的(例如,社会计量学的)数据比来自档案文献的数据更为重要。另一方面,文献计量学的分析也许能揭示出科学交流的规律和模式,这些规律和模式并未被有关行动者明显觉察到,因此也不应要求行动者把握这些规律,但它们确实规范着行动者的行为。

而且,为了研究各种结构的动态过程,时间也须作为一个维度被导入:即必须规定,什么可以算作一次历史事件。例如,可以比较两种情形:一方面,为了重构作者的知识发展历程,单纯将文献作为“事件单元”(参见 Holmes 1984),另一方面,是在科学领域的层次上确定了研究议程的那一不断发生的问题变迁(Lakatos 1970)。这些事件的发生频率估计是不同的。

## 第2节 科学知识社会学(SSK)

认知事物是社会性的,反之亦然;任何事物都可以从话语角度进行分析,这就是科学知识社会学(SSK)的中心意旨。其主要论据是,在“社会-认知的(相互)作用”中,各种维度无法区分,而这种相互作用同时型范着社会事物和认知事物<sup>[1]</sup>。所以不应追求用“认知的”相对于“社会的”或“内在的”相对于“外在的”这样的维度进行分析(Callon 等 1983)。简而言之,就科学活动的主题而言,SSK 不接受任何事先规定的学科分工。与较古老的科学社会学传统相比,这是非常重大的进步(参见 King 1971):科学元勘中的所有分析单元都被视作既是认知的,也是社会的。这与社会学和哲学的传统进路相比,可以导致对科学世界的更丰富的经验性描述。

结果是,关键概念之不同含义的区分,或曰“解释柔性”,在

---

[1] 有关 SSK 的综述,可参见 Collins 1983a。

SSK 及与其相关研究传统的学者之间是被广泛接受的。例如,仅从科学共同体的组织变量的角度来描述一下专业,肯定是说不过去了(参见 Crane 1969;1972;Whitley 1984)。同样,单纯从认识论的角度出发,将专业视作与观察、论证和推论之间的关系相联系的一系列理论问题,也是不够的(参见 Hesse 1980);也不能把专业单单描述成一部文献体系或一种交流结构。正如科学元勘中的所有主要概念一样,也必须从社会结构、认知结构、科学交流和科学文献的视角来看待“专业”。

然而,将不同的意义归于相同的概念,这一做法在 SSK 中并未得到充分理解。相同事件(行动或事态)或许具有不同的含义,因为总有潜在可能以不同的方式将它置于不同的相关情境中。如上所述,这一区分的重要结果是,在相同事件的社会意义和认知意义之间有可能缺乏一一对应的关系。我认为,在“社会-认知的相互作用”之“社会的”情境及“认知的”情境之间的关系的权宜性,为经验性社会学研究提供了一个极好的出发点。

假定认知维度具有分析上的独立性,这并不意味着要回归到科学哲学和科学社会学的旧传统中去。根据传统,这两个维度被处理为两个分开的范畴,若打一个空间的比喻,两者会被画成两个平行的面,并且用哲学和社会学这两个不同的学术传统来对之进行研究。但是,各分析维度是正交的,它们展开为一个多维的结构,在其中有可能为科学元勘这一概念自身确定意义(见图 1-1)。因而这一模型就容许比如像维度间的“相互作用”和动态“反馈”这样的项。在这一章余下的部分中,我将结合最近 SSK 经验研究中尚未解决的方法论问题,阐述维度区分的成效。

## 1. 分析单元的描述

布鲁尔在他的开创性 SSK 研究(Bloor 1976,第2页)中,指出了“对于社会学家来说的知识,就是人类认为是知识的所有一切。”

结果,“强纲领”引入了说明的对称性原理:因为科学知识不再可以定义为“正确的信念”,所以不论是对正确的知识,还是对错误的知识,均应使用相同的说明。在讨论数学的例子时,布鲁尔(Bloor 1982)争辩说,即使是逻辑推论规则也是从社会协商和人类信仰中推导出其正确性的。

从这一视点来看,分析单元已确定无疑地由科学知识转向相信那些知识的人。借助于迪尔凯姆(Durkheim 1972)对宗教生活形式的分析,布鲁尔(Bloor 1976,第40页及其后)不承认存在着以任何可靠分析手段来区别社会事物和认知事物的可能性(参见Bloor 1983;1984)。没有客观的知识,只有主观的和共有的信念。新知识社会学的不同支系在这一认识论假定上是一致的;它们之间的差异在于,用什么社会学范畴作为这些信念的最合适的说明。

例如,微观建构论者和常人方法论学者(ethno-methodologists)(例如,Latour和Woolgar 1979)均关注科学的解构和重构所发生的社会现场,即实验室。其他人(例如,Whitley 1984)则提议在科学共同体层次上分析科学的社会过程。我认为,对科学做社会学还原,还原于人及其社会制度,这些做法具有启示意义,但最终会导致混乱(参见Slezak 1989;Henderson 1990;Collins和Yearley 1992)。

有可能从社会视角确定科学元勘的分析单元吗?让我用“研究纲领”的概念为例来阐明这一概念在经验研究中的操作歧义性,与划分分析单元时不必要的纲领性选择,这二者是有关联的。在科学哲学中,已将“研究纲领”视为科学理性重构的基本构成单元(Lakatos 1970)。传统上“研究纲领”仅被定义为认知的单元。拉卡托斯在讨论这些“研究纲领”的性质(例如,其渐进发展或退化)的时候,讨论都纯粹是在认知领域的层次上进行。因此,拉卡托斯的“研究纲领”不限于研究设施、期刊集等社会学上可识别的分析单元。而且,研究纲领的社会场所也会发生历史性变化,例如,当

研究纲领的活动中心从一个国家转移到另一个国家时,或是研究纲领的进一步发展要求一些新的制度性规定时。

在社会科学的设计中,我们不能接受这种认知维度的独占性。科学形成于大学系科、实验室和研究设施中。这些社会单元由于社会权宜性的原因而各有其研究项目和研究计划。尽管这些机构性的研究计划以种种方式与学科发展或拉卡托斯学派意义(即在科学领域的层次上)上的研究纲领相联系,但是它们不是一回事。从分析的角度来看,是可以区分机构性的研究计划与相关领域层次上的研究纲领的。

只要是仅限于从个别科学家的实践的角度来分析知识生产,这种分析就可以在该科学家的机构角色和其在领域层次上的知识地位(反映在其重要著作中)之间来回变换。被研究的科学家此时就是参照系。但是一旦我们超出个体行动者的微观层次,在集总量中就必然隐含着—个组合变量。集总量的变化是分析单元的变化加上“中间群组”变化之和(“中间群组”变化包括组合维度和被组合维度之间的共有信息;见第9章)。这样,我们就可以将采用社会划分法区分出来的社会机构中的一系列认知规则和内容集总到另一个层次上去,这个层次可以称为那一社会单元的“认知结构”〔1〕,但是,这一集总的结果通常与该社会单元在领域层次上的结构中的位置不同。在领域层次上,可以应用其他的组合规则。

## 2. 惠特利(Whitley 1984)的解决方案

惠特利(Whitley 1984)在其题为“科学的智力组织与社会组织”的研究中,提出了通过从科学共同体的角度来定义科学“领域”,研究一下从科学领域到社会机构的转换这一多层次的问题。

---

〔1〕 注意,在社会网络分析的传统研究中,“认知结构”常常被这样定义。例如,见 Krackhardt 1987。

科学家们在声誉可控的工作组织之中,这一组织不同于作为他们当地工作场所的组织,并且这一组织构成一个领域。实际上,科学共同体与局域化的工作组织都是社会的分析单元,因此在社会学的框架中可联系起来(Shinn 1982)<sup>[1]</sup>。

一旦我们试图操作惠特利的变量,上述的描述问题就会再次出现。因变量(即声誉结构)和自变量(即任务的不确定性和相互依赖性等组织特征)都会因其定义的模糊性而受影响<sup>[2]</sup>。在我看来,这些变量如何与“认知情境”相联系的问题会贯彻这项研究的始终,模糊性不仅关涉概念,而且关涉操作过程。

例如,让我们来思考一下如何描述“化学”和“化学工程”这两个学科的问题。有知识的人们不会否认,这两个学科是紧密联系的(例如, Van Steijn)。在一些大学里,这两个学科放在同一个系,化学工程师又会向化学期刊投寄论文,等等。但是它们有很大的差异,例如,与产业的关系、实验的规模及数学的应用程度等。旨在解释科学的知识组织的描述,应该使我们既能解释它们之间的相似性,又能解释其差异性。

若使用惠特利的框架,“化学”和“化学工程”的定位将大大不同。因为作为文化产品,这两个学科在其组织的战略侧面和功能侧面有重要差异。例如,如果一个人要实践化学工程,他就需要接触工业过程,不能仅仅用试管来对付;而且这对于研究人员将要打交道的各类机构组织均具有重要意义,无论是在实验室内还是在科学共同体的机构里,因为成功及由此而来的名誉的获得都依赖于这种关系(Shinn 1982; Van Steijn 1990)。然而,不管这些组合

---

[1] 关于科学共同体的操作化,也可参见 Crane 1969 和 1972。

[2] 有关变量的自变性和因变性的定义,可在例如惠特利(Whitley 1984)的第 11 页找到:“这说明,研究作业的结果是有固定差异的且不确定的,生产系统中作业不确定性的程度,整体而言要比其他多数工作组织更大。这反过来导致了一种组织和控制研究的特殊结构,我称之为声誉系统。”

安排多么不同,知识贡献或科学理论都可以(或不可以)与化学的其他分支共享。独立变量(组织变量)在很大程度上是随知识系统的发展情况而定的。

换句话说,学科在认知上是如何组织的和它们作为工作组织是如何发挥作用的,这二者之间没有什么必然的联系。当然,也许会有经验性的关系(Shinn 1988)。但是,即使组织的形式和认知的内容共同变化,也无法从二者间的关系中推断出任何因果关系。从科学是社会地和历史地构成的这一正确的(认识论上的)假定出发,惠特利(Whitley 1984)错误地得出了方法论上的结论,即科学的知识组织可以通过科学的社会组织与历史组织的精细结构来给以充分的分析<sup>[1]</sup>。然而,人们必须明确地区分这两点,一方面,科学的知识内容的变化是如何被其社会历史所部分决定了的;另一方面,它是如何被其社会历史所部分制约了的。如上所述,科学的社会组织和科学的智力组织在社会-认知相互作用中是相互决定的,但是对于其他方面的变化(即在给定相互作用的情况下)它们只是互相制约的关系(增强另一方的能力与限制另一方)。

因此,惠特利(Whitley 1984)的研究导致了一些混乱看法,比如,似乎科学工作只受奖励和名誉的控制,而奖励和名誉这些东西只不过是对于解决科学问题所做贡献的代替性承认。代替性承认或指标不应该与所研究的系统的参数相等同或相混淆。

---

[1] 惠特利在一部德语出版物(Whitley 1988, 52 页之后)中总结了他的认识论假定和方法论假定,见以下各处:“a) Die grundlegende Vorstellung zu dieser Problematik ist die These, dass wissenschaftliche Erkenntnisse von-unter verschiedenen Bedingungen unterschiedlich organisierten- Menschen produziert werden, (...)”然后:“c) Die soziale Organisation der Wissensproduktion und-validierung *bestimmt* die Forschungsstrategien und-resultate.”

### 第3节 话语分析

新科学知识社会学纲领有这样一种危险,即把科学仅仅还原为与科学相关的社会过程,从而不再讨论科学及其进步,只讨论科学家及其信念、名誉和利益,除此以外,该纲领还陷入另一个方法论问题。SSK的追随者开始进行经验研究时,这一问题便浮现出来。马尔凯等(Mulkay等1983)人在一篇纲领性的论文中,针对科学元勘的一些早期工作的缺陷,论证了话语分析在方法论上具有优越性。

马尔凯及其同事认为,强纲领中关于“对称性”(也就是解释正确信念和错误信念的对称性)的初始假定,在人们将科学作为话语加以经验研究时,就不成立了。科学家们至少运用了两种技能,一种是权宜性的,另一种则被这些作者称之为是“经验主义的”。值得注意的是,被认为正确的信念更多地以“经验主义的”技能表达出来,例如正式的科学文献;而科学家们往往用权宜的技能来解释有可能是那些不正确的那些信念:

人们将准则表述为对于正确理论之选择的明确的、客观的、不可避免的制约;而同样这些准则,如果被引用来论证不正确的理论,则更可能被描述为社会权宜性的和易变的(同上,第198页)。

为什么科学家们非对称地将某类信念和与其对应的言语行为归结于某种论证,而不是其他种类型的论证呢?为什么他们表现出像是相信科学呢?借助于话语分析框架,结论看上去很清楚:如果人们再次引入被认为正确的信念和一个被认为错误的信念之间的“不对称性”,随之就会引出下一个重要的问题,即“一个信念被认为是正确的”这一事实是否可以成为这一信念的正确性的有用指标。然而,对这一信念的根据的疑问是科学哲学的中心问题,因



此,人们要么最终会接受这一问题并不是仅具有社会性的特征,要么会取一个(超)自反性的立场,按照这一立场,归根结底除了信仰别无他物,因而不存在什么客观的科学的立场(Woolgar 1988)。

实际上,马尔凯等(Mulkay 等 1983,第 198 页)注意到,参与争论的科学家们往往在其话语中增加权宜成分的比例,而“来自不太活跃的领域的话语已被证明较难付诸社会学研究”。但是这些作者们并未从这一变化中推断出存在着也许有助于解释它的另一因素(例如,认知的因素)的可能性。

## 第4节 转译社会学

科学(和技术)元勘有这样一个问题,即在不同维度中有不同层次的集总度,对于这个问题,基本上属于法国的“转译社会学”学派提出了一个激进的答案。在一篇纲领性的论文中,卡龙等(Callon 等 1983)集中论述了科学技术社会学中的分析单元的异质性问题。这些作者(同上,第 193 页)争论说,像内在的与表面的,或认知的与社会的,这样的区别可以通过使用“转译”这一概念获得解决,而且应该这样去做。

所谓转译,是指一个行动者,不管是谁,用以识别其他的行动者或要素并弄清他们相互关系的所有机制和战略。每个行动者在其周围建造一个世界,这一世界是由各种各样的要素构成的,是一个复杂的且不断发生变化的网络,行动者试图将这些要素联系起来,并使之依赖于自己。

注意,行动者可以将“行动者或要素”纳入其行动者网络中,也就是说,他们为了使其网络稳定,可以将非社会性的单元作为网络的要素。因为“科学观察是这样一种活动,其社会的及认知的因素相互缠绕以至于难以区分”(同前,第 193 页),社会性的“行动激励

者”和非社会性的“行动激励者”之间的关系是互动的和对称的。而且,一旦万物和人人都被转化为“行动者网络”之中时,“社会的”和“认知的”之间的差异就不复存在。

例如,在一项关于水产养殖业引入繁殖科学原理的研究中,卡龙(Callon 1985)论辩说,这里的行动者网络是由试图将捕鱼业转变为“水产养殖学”的海洋学者、强加一个问题形成过程的海洋科学、要保护自身利益的渔民以及不断繁殖并游入该网络的扇贝构成的。转译社会学的主题并不是说,一种情景受到的认知的或自然的制约是可以分析的,就好像它们直接作用于情景似的,而是认为所有单元均应以基本相同的形式来分析。“行动者网络”已被提出作为分析单元,根据行动者网络的定义,所有相关维度的其他全部分析单元均被同质化于网络之中了。

因而,“异质性”不是靠分析上的不同维度来解决的,而是靠主题之间假定存在着的符合性和一致性来解决的。在“行动者网络”中,不同维度之间的一致性是先验地获得保障的。既然我们先验地知道,经验性的行动者网络中的关系是互动的和对称的,所以,什么也得不到说明;分析的唯一目的是讲述一个故事(Latour 1987a;参见 Collins 和 Yearley 1992)。换句话说,“行动者网络”不仅是经验意义上的范畴,还是对“异质性”造成的方法论问题的回答,因此,也是方法论的范畴。这一纲领是自我强化的。

文本,尤其是词,在这一异质性物体构成的同质化的世界中占据中心位置。在转译社会学中,文本是像“铭写”那样的东西,它可以作为与其他行动者的符号关系的承载者。文本因为会影响到情况本身,所以可被看作是添加到行动者网络中的“行动激励者”。此外,文本被定义为特定的行动者网络的反映物,因此,正如罗(Law 1986,第 81 页)所说:

一篇科学论文的词汇因此可以被看作问题化的网络,这个网络就代表了行动者网络,(……)

文本在这个所谓的“符号学”网络里的反映被假定是完全的,因为根据先验立场,所有的关系都号称是对称的。那么,词之间的动态关系使分析者可以接触到行动者网络的动态关系;也就是说,由一个可以推断出另一个,反之亦然。例如,如果共词图中的“成功词语”得以纳入更多的词语,这些成功词语就可以成长为层次结构中的宏观行动者。科学领域也同时成为宏观行动者,该行动者与上述表象符合一致。

除了科学中各种维度之间的先验一致性以外,各种集总层次也被认为在方法论上是等效的。行动者网络是个套匣结构,一些行动者的行为,像是代表着群体的宏观行动者(Callon 和 Latour 1981);一些词语代表着更集总层次上的基础词团,因而是宏观词语(Callon 等 1983;1986)。但是,宏观行动者本身又是一个行动者网络,正如每个行动者是更低层次的动作者网络一样。行动者网络在概念上是等价的,因而其分解和/或集总被认为是不成问题的。所有的组合规则和限制条件本身都是网络的一部分。情境变量这个概念本身与这一网络概念是相冲突的:任何事物先验地都处于网络之中。

## 第5节 行动者的网络/词语的网络

历史上,可以用共词作为行动者网络的操作符这一主张,是在“转译社会学”中逐渐出现的。例如,罗和威廉姆斯(Law 和 Williams 1982, 第 554 页)指出,“很多话语分析将权力归于词语自身,这是错误的,因为正是人类在操作并改变着这些网络<sup>[1]</sup>。”后来,文本被看作绝好的中介,也就是说,通过它可以研究科学系统中的一种特殊行动者网络,即问题形成所构成的网络。这一主

---

[1] 关于尚未使用共词图的转译社会学的典型研究,参见 Callon 1985。

张认为,通过研究词语及其共现,可使我们通向“认知的”(Rip 和 Courtial 1984)或“定性的”(Callon 等 1986)科学计量学,也就是说,它是一种可以为社会的网络分析加上认知维度的网络分析形式。于是,文本的结构被视为科学家们赖以实现问题转化的中介。行动者网络和共词网络之间的对称性进一步证明了像 LEX-IMAPPE 和 CANDIDE(参见,例如 Callon 等 1989;参见 Leydesdorff 1992a)这样的计算机化共词分析工具的直接政策意义。

秉持科学社会研究传统的若干学者批判了“转译社会学”,因为转译社会学抹杀了社会的/认知的、社会的/自然的、认知的/自然的等等这些重要区别,将其都作为行动者网络的一部分而同等对待(例如,Amsterdamska 1990;Fujimura 1991;Collins 和 Yearley 1992)。迄今为止,这一争论尚未有结果。如上所述,既然转译社会学中的行动者网络概念,具有方法论的和经验性的地位,所以实质层次上对它的批判无法影响该纲领的方法论内核。

无论“转译社会学”的纲领统一性对在该框架中工作的人们是多么的有效,我认为它对分析明晰性产生的影响有时是巨大的。每一个有用概念都可以重新引入这一纲领,随后再根据其视角被重新定义。例如,共词图中词的“密度”和“向心性”,对于科蒂亚尔(Courtial, 1989) 的含义,与同样这些概念在传统的社会网络分析(例如,Freeman 1978;Burt 1982)中的意义是不同的。可能是因为,现在这些维度不仅被技术性地定义,而且在与行动者网络的关系中被战略性地定义。阐释的问题,以至最终的有效性证实问题,按照定义便等同于这样一些社会学问题:作为结果产生的图是否具有意义,这些图在转译过程中能否变得有益于转译过程的描述。

然而,人们也许发现某些图是有意義的和有用的,但它们却是基于错误的统计(参见 Whittaker 1989;Leydesdorff 1992a)的。人们必须使用更严格的定量研究术语,以为科学计量学提供合法的依据。但是,在这种对抗中,行动者网络纲领就出现了合法性的差

距,也就是说,人们希望文献计量学和科学计量学的分布是另一个样子,并且展示不同的动态模式。先验地说,人们本来甚至没想到对称性和一致性有那么强:科学的社会系统所包含的不仅仅是文本和文本的组织所反映出的知识生产。文本之间和文本内部的关系所要遵循的规则也不仅仅是语言用户的规则(尤其是语言自身的规则)。文本的动态关系(通过词的共现),或许与社会行为的动态关系或与问题形成的动态关系相一致,但并不是非一致不可。当秉持这种传统的作者声称,行动者网络与共词网络的调和性和一致性正是构成了科学的要素的时候,这一论证是循环的:首先,必须经验地证明这两个维度的动态关系是一致的。认识论层次上的大胆假设并不能解决经验研究的问题。

## 第6节 结论

科学知识社会学中所表现出的严重问题在转译社会学中得到了消解,其方式是放弃前一纲领的解释性目标。我论证说,无论是在转译社会学中,还是在话语分析中,只要借助经验解释提出推论有效性的问题,不对称性和多维性的问题就会再度出现。

在后现代传统中,这些问题成为主观自反性论题(例如,Woolgar 1988)。在我看来,科学知识社会学对自反性概念的不断关注,应理解为对SSK一处失败的一种反应,失败在于,未解决好涉及对自反性话语之分析的经验研究的某些方法论问题。

确实,科学是社会建构的,但这只是元理论的直觉,它依照定义就是正确的。然而,在任何经验设计中,科学的社会-认知体系只不过被研究期间的社会-认知互作用所局部地重构了。

这一经验问题的形成使我们回到社会-认知的历时分化(Guice 1994)这一经典问题上。然而,后现代解释应该不同于宏大理论,因为它仍是建构论的和经验的。于是,社会-认知的分化

不能再被认为是本体论给定的,也就是说,如果分化在历史上曾经发生过,就必须得到解释。

一方面,被表象的事物不是像永恒真理似的永远不变:即事后归纳的情境未必是社会-认知互作用之先验的、社会的和/或认知的维度的再现(坐标轴在相互作用下也许已旋转过)。另一方面,人们期待,由于进化的原因,突现系统会选择那些有助于自己复制为分化系统的那些社会-认知互作用(参见 Simon 1969)。换句话说,当地的网络所产生的知识主张被选入(或作为奖励而放入)总体网络。子系统之间发生相互作用,并且被相互作用所大大地区分开来(Simon 1973; Luhmann 1990)。

这样,动态分析为我们提供了又一个论据,支持我们确定出一个分析上独立的认知情境。参与相互作用的行动者们,通过使用所谓的“解释柔性”而得到一些操作余地(Mulkay 等 1983)。但是解释能有多灵活呢?那些柔性解释何时会越界呢?人们根本不可以从历史变化的可能性推断出认知的标准是不存在的。确实,自反性的分析者可能根据事后的认识提出一些与产生了这些见识的科学家们不同的结论。但是,人们只有在确认分析上独立的认知维度的情况下,方可得出这样的结论。

凭借丰富的历史论据,社会学的视角已经告诉我们:科学及其进步深深依赖于物质的和社会的条件,因而科学成果也许随这些条件而变化。但是,新科学知识社会学的作者们提出的“知识的社会建构”的“认识论主张”,至多是经验研究启发性的工具。作为另一种选择,我们可以提出一种类比的探索方法,就是通过研究科学的认知构 come 来研究科学的社会组织,例如,借助理论的进步来解释研究群体的发展。尽管这两种设计被认为是“对称的”,但实质性结果估计是截然不同的,因为认知变化与社会变化只是在社会-认知共变的意义上的一致(参见 Slezak 1989)。

用经验的方式来把握知识内容的不确定性或知识内容的组

织,对于研究下述互作用只是个预备工作:即一方面是知识内容的变化,另一方面是机构情境或话语的变化。于是,除了将支配着科学家、文本和认知之相互关系的动态模式整合入综合框架这一挑战以外,我们还需要对科学活动的认知维度进行概念整理,或许是发展出语义学。我们能够在认知维度上具体进行独立的操作吗?这些操作允许我们研究互作用和互相的权宜性,而不是先验地将这些关系的复杂性加以简化。

(王 玲 译)

## 第 3 章

# 科学的知识组织

如果人们接受后现代科学知识社会学的结论——真理随历史发展而变化,也随情境变化,那么科学真理本身也许应该被看作是一种包含不确定性的变化物,而不是一个一成不变的东西?分析过科学的认知结构的哲学家们留给我们一些概念,人们应怎样联系着这些概念来理解认知维度的变化?

在科学哲学中,变化分析并不是一个人们所熟悉的概念。认知性分析单元在经验研究中似乎只能用标准和规则来阐述,这些标准和规则详细说明了一位科学家、一个研究小组、一段文章或一则引文是否与一个既定的知识体系的发展有关。那么,用最终会付诸经验分析的词语来说,这些规则的意义是什么?这些规则就是我们在上一章里谈到的集总时的组合规则吗?如果是,又是为什么?人们如何用可以付诸经验研究的社会学课题设计来重新阐述这一哲学问题?

许多社会科学家都欣然同意,在社会性分析单元(如人类动因)和文本性分析单元(如文件集)之间存在差异性。在一项研究设计中,人们根据自己想要提出的问题,不是把文章归类于作者,就是把作者归类于文章。人们应该如何把可观察的文章和作者归类到不断变化的理论立场、问题表达、独立的研究纲领或科学专业上去呢?例如,人们能把一篇文章及其作者归类于他们本身就是其中一部分的更复杂的分析单元吗?如果能,那么就必須把这种



复合体看作是一个上层建筑。

平奇(Pinch 1985)为该上层建筑引入了“证据情境”的概念。多种不同的集总规则是可能存在的,因此,用认知术语来描述“证据情境”就给经验研究者提出了一个难题。例如,如第二章所述,将社会制度中的个人认知集总起来(人们又可将此集总物作为“认知结构”而归类于该社会单元),和该社会单元在科学领域层次上的认知结构中的地位并不是一回事。每种情况的参考系是不同的。相应地,动力学状态也不一样。

因此,在科学元勘中,认知性分析单元无法依据可观察事物明确地获得。在这种情况下,文章和作者的具体排列就构成了认知单元。这种排列建立在一个“虚拟”的组织原则的基础上,该组织原则可以作为假设提出来,但只能隐含地观察到。换句话说,可以让这种隐含在对经验范畴的描述之中的组合规则成为自反性的,从而能被表达为期望值。就认知结构而言,可以把可观察事物看作是组织原则的“实例化”(Giddens 1979)。

这种虚拟的,也就是说不能直接观察到的组织原则的概念,对于社会学来说毫不新鲜:例如,它处于韦伯的“理念类型”的源头,也凸显于对制度化过程中的价值观念的社会学研究之中(例如,Parsons 1951)。然而,在现代科学社会学中,科学认知结构之“黑匣子的开启”已经被特意提上了议事日程,以至于这些功能主义的进路将变得捉襟见肘(例如,参见 Barnes 1969; Whitley 1972; Collins 1983b)。这些假定的“组织原则”不仅具有各种功能,而且它们本身也应被理解为是历史权宜性的,并因此可用社会学的方法加以分析。此外,这些功能本身也依赖于各门科学的性质,因此对于每一门科学来说,它们都有潜在的特殊性。

经验研究可以通过什么途径进入已被如是定义的“认知结构”?人们怎样才能理解并操控隐含维度里的这一变异和变化的概念,以便人们能够系统地研究这一概念与其他变异(如语言中

的)的共变?

## 第1节 (新)约定论传统中的知识和语言

为认知维度的分析独立性进行的抗辩,似乎在向科学哲学中的实在论(比如批判理性主义和新实证主义)立场偏移。然而,这些立场存在的问题是,它们最终暗示的“认知结构”概念都具有本体论的地位(如波普尔(Popper)的世界3)。用社会学的术语来说,这样一种根据结果将科学加以理性主义的具象化的做法将把我们重新引回到默顿(Merton)的功能主义,而这并非我们的本意(见上文)。除了独立性以外,还应该严格地保持变异和变化的观念不走样。

强调这些要素的科学哲学的一个明显候选者是基于奎因-迪昂命题(Quine-Duhem thesis)的约定论传统。在这一传统中(Hesse 1974;1980),科学被概念化为网络结构。不仅这些网络在不停地变化,而且什么算作节点和什么算作链接,也可能随视角一起发生变化。在很多可能性之间,诸如“连贯性”和“一致性”这样的普遍性原则暂时地强化着结构。然而,认知结构总是在不断地变化,新的知识流入,而其他知识元素则老化。

这种科学哲学否认语言与世界之间的“对应”关系:对世界的理解被认为是语言和理论内部的关联性理解。结果,科学与对世界的其他诠释之间的定性划界问题也就被消解了,而认知维度的分析独立性也再一次面临风险。

一方面,赫塞(Hesse)的网络要经验性地在语言中找到,而作为哲学上的网络,它们被认为同时与理论相关。因此,不能只把网络简化为语言。赫塞的网络中的一个“节点”与一个(语言的)“链接”上的节点在认识论上具有不同的地位。另一方面,对科学的理论结构和语言结构进行区分的可能性,在先验的基础上就被明确地否定了。在某一瞬间成为“链接”的事物在另一瞬间可能就必須被看作是一个“节点”。

此外,由于除了通过约定外,我们没有其他的接近现实的科学途径,因此,“对真理的信仰”与“真理”之间的划界也是成问题的〔1〕。

如果语言和理论这两个概念在先验的基础上相互关联,那么世界是在“语言和理论内部相关联的”这句话的含义又是什么呢?我认为,要对科学哲学作前后一贯的解读,就意味着可以把世界作为语言和理论互动中的一个事件来认识。于是,语言和理论动态地共变着(“关联着”);这种共变被认为是类似于前一章中所讲的“社会-认知互作用”的事件。然而,如上所述,共变的概念意味着在两个维度上都仍可能发生变化。相应地,可以期望科学表述既有语义含义,也有理论含义。然而,从与哲学相对立的经验视角来说,这两种含义并非必须若合符节。

## 第2节 科学方法在认识论上的优先地位

在科学哲学中,赫塞的新约定论的立场与“批判理性主义”的传统是针锋相对的:约定论趋向于否认科学知识的客观性,而批判理性主义则认为科学知识的客观性是至关重要的;批判理性主义趋向于否认认知结构的可变性,而约定论则把认知结构的可变性视作根本。这两种传统在现代科学哲学必须提供的谱系里处于对立的两端。那么,人们如何才能维持下述立场?(1)应把认知构想为一个性质不同的独立维度;(2)人们还能言之有物地阐述这一维度上的变化。这样一种立场似乎与这两种科学哲学是相抵触的。

盖尔纳(Gellner 1985)在一篇关于科学哲学的文章中论证说,正是这两种相互矛盾的哲学——盖尔纳把波普尔和奎因作为它们最直言不讳的代表——共用着同一个假说,也就是说他们“天真并

---

〔1〕 因此,借助赫塞作品的一些章节,赫塞的网络概念在共词分析中的应用就能够被合理化(参见 Law 和 Lodge 1984)。我在第4章中还会谈到这个问题。

自鸣得意地以为,一个基本合理的知识传统是我们常存的天赋权利”。然而,正如盖尔纳(Gellner 1985,第18页)所说:

问题的真实情况是不同的,它们比奎因和波普尔所认识到的要糟得多。大多数认知传统的情况都不太妙,大多数(认知传统)是停滞不前的。被这两位思想家摒弃的宇宙放逐论(Cosmic Exile)或主观主义的经验论对于健康的、累积性的认知传统之建立(或者无论如何给以哲学上的认可)或许是至关重要的,而这两位太想当然地以为这么一个认知传统已经存在。认知传统不是我们的天赋权利,它的突现是一个奇迹。

尽管现代科学并非我们的天赋权利,但是它却是我们的文化遗产:它的构建在社会上已经完成,它的历史相应地是和西方哲学史联系在一起的。人们无论在西方哲学史上的哪个切入点开始讨论——古希腊哲学家、伽利略、笛卡儿、康德、马克思或波普尔——西方哲学的核心问题总不外乎:我们怎么能知道我们所知道的?我们怎么证明我们的想法是正确的?我们应该怎样努力才能使我们的知识更渊博?从概念上讲,这些是认识论和方法论的问题,而且已经在哲学上得到了反映。

认识论假定真理不是给定的,而是可以通过推论性重构来发现的。现代科学就是建立在这一假定基础之上的。自然界并非“外在地存在着”,她对我们的实验朗声拒绝;相反,在既有知识的基础上,人们通过进行周密的实验,有时能够改善自身的理解力(Kant 1787)。数据不是给定的,而总是有问题的,至少是因为在测量中总有出错的可能性。

数据的质量与观察的重要性这些问题,要求理论推导具有方法论的保证。这样,科学方法就是现代科学之社会构建的诸种独立要素之一。只是在20世纪头几十年过去之后,当逻辑实证主义声称科学知识拥有特权地位时,划界问题和科学方法问题才逐渐

成为一门独立的专业,即科学哲学的主题。

作为思考科学在干什么的主要模式的科学方法之研究和科学实践之间的区别,已经影响了人们对科学发展与社会和文化的历史发展之间的基本关系的认识。而在科学实践中,关于实质性结果之质量问题中潜藏着这些同样的争议。方法论的思考已经倾向性地丢掉了实质性的内容,而实证科学又将其对哲学反思的需求弄得支离破碎。

现在,由于分工,把握科学论辩与社会发展之间的内在联系变得更加困难了。然而,如果我们试图从哲学角度来表达这些联系,我们似乎要么只能泛泛而谈,也就是说,没有明确的实质内容,要么就是描述得太琐碎,也就是说,缺乏哲学深度。科学哲学在向独立学科发展的同时,在某种程度上已将科学方法问题与科学的主体性发展分离开来(参见 Feyerabend 1975)。

然而,科学话语同时又是关于适合于支持举出的证据之方法的辩论。科学方法深植于科学实践之中;他们不是“超”科学的,而是处于科学之“中”的。科学的发展和科学与社会之关系的发展,以及对这两种发展的思考,均是彼此关系不断变化的过程。我们需要考虑所有这些因素,以便在不对任何一门科学进行先验的具象化的情况下,把科学作为权宜性的发展事物来认识。

### 第3节 作为科学话语之功能的科学方法

在我们推论性地构建的认识网络之外,科学方法并没有本体论的保证,那么科学方法又是什么?虽然科学哲学家可能对科学方法的认识论地位存有异议,但是他们的哲学却无一例外地都能用规则和/或标准来分析。这些规则和标准定义了一些重要事物,如某一学科的理论目标——什么事物应当用什么事物来解释,又如,为使某一论证正确,应该把什么作为证据。例如,一个实证主

义者会强调,只有“可证实的事实”才能作为一门科学的前提,而一个约定论者则可能主张,科学家主要为科学知识体系中的连贯性和一致性而斗争。然而,对科学方法的这种程序性的定义还是太抽象了,以至于难以把握它的构成性含义。

标准和规范不是外部给定的,而是在科学交流中通过功能性和自反性的发展而形成的。人们在某一论证上所选用的标准和规范,决定了该论证是否会被认为是正确的。在根据规则 and 标准来定义科学话语的目标时,除了实质性标准外,科学话语还发展了一个自反性准则作为选择主题的第二个标准。在科学话语中,实质性选择和自反性选择之间的平衡是一种进化性成就,这种平衡有时可以暂时地稳定下来(Leydesdorff 1993a)。

人们期望这种暂时稳定下来的范式和/或认知结构的其他要素得到发展,从而显示出进化性的“生命周期”(这样,就可以把科学话语看作是转译系统)。那么人们在任何时刻观察到的事物都可以被看作是对表象进行操作的结果,或进行下一次操作的条件。相应地,认知结构的这种虚拟操作被描述为只是一种期望。

对这种期望操作的详细说明为我们对可观察实例的分析提供了一个参考系。此外,它还使我们对(或许是隐含地)用于描述相关范畴的组合规则的假说特性进行反思。

## 第4节 社会科学

上述讨论是在自然科学哲学的基础之上进行的。方法问题在社会科学中甚至比在自然科学中更为普遍,因为任何理想化似乎都暗示着对历史进程的丰富性和复杂性的失察。然而,这并未使理想化在社会科学中的重要性低于其在自然科学中的重要性。如上所述,没有组合规则,经验研究者就难以描述分析单元。社会科学中的附加复杂性主要对横跨历史阶段采用理想化方法的可能性

提出了质疑<sup>〔1〕</sup>。

让我们通过一位社会科学哲学大家来引入这一议题。根据马克斯·韦伯(Max Weber)的观点,社会科学(实际上韦伯说的是文化科学)中的理想化是历史构造物,它们也会失去意义,尽管不一定失去有效性:

文化科学一旦确定了其问题及解决问题的方法,就将总是倾向于把详尽阐述这些研究本身视作目标,而不再积极地质疑根据最终目标来掌握单一数据的价值。它们在将其研究与价值观念挂钩时,常常甚至不再保持自反性。也确实应该如此。然而,不时地,明朗程度也会改变:不假思索地采用的视点的含义会变得不确定;现在这条路似乎通向了矇眛之域。重要文化问题之光已经过去。在这样的时刻,科学必须为自己提供改变立场和方法论工具的手段,以便自反地掌握论理的更高阵地,从这一高地可以下顾历史之潮流。科学遵循着使它成为富有意义的事业的星座之导引<sup>〔2〕</sup>。(Weber [1904]<sup>3</sup> 1968, 第214页)

---

〔1〕在后面几章中,我们将介绍有关复杂系统的静态分析和动态分析之区别。虽然在每一个瞬间都可进行理想化,但它仍然具有历史权宜性。

〔2〕“Alle kulturwissenschaftliche Arbeit in einer Zeit der Spezialisierung wird, nachdem sie durch bestimmte Problemstellungen einmal auf einen bestimmten Stoff hin ausgerichtet ist und sich ihre methodischen Prinzipien geschaffen hat, die Bearbeitung dieses Stoffes als Selbstzweck betrachten, ohne den Erkenntniswert der einzelnen Tatsachen stets bewusst an den letzten Wertideen zu kontrollieren, ja ohne sich ihrer Verankerung an diesen Wertideen überhaupt bewusst zu bleiben. Und es ist gut so. Aber irgendwann wechselt die Farbe: die Bedeutung der unreflektiert verwerteten Gesichtspunkt wird unsicher, der Weg verliert sich in der Dämmerung. Das Licht der grossen Kulturprobleme ist weiter gezogen. Dann rüstet sich auch die Wissenschaft, ihren Standort und ihren Begriffsapparat zu wechseln und aus der Höhe des Gedankens auf den Strom des Geschehens zu blicken. Sie zieht jenen Gestirnen nach, welche allen ihrer Arbeit Sinn und Richtung zu weisen vermögen (...).”

这种对理想化的历史权宜性的自反性认识从那时起(还有其他原因)就逐渐被推广到了自然科学,这在库恩(Kuhn 1962)的“范式”概念中体现得最明显。然而,关于理论体系的推论性构建这一自反性的根源来自于社会科学哲学。在科学元勘中,这种认识论上的洞见对于研究自然科学的价值已经得到了广泛讨论,但是它本身仍然是对于社会科学之立足可能性不可或缺的概念。

实际上,鉴于当前后现代社会学家中对分析框架的必要性存在着不确定的态度(例如, Gouldner 1970; Phillips 1973a),应该注意到,一些社会科学的创立者们非常清楚,需要把他们的学科建立在一个详细的分析框架的基础上。例如,马克思在《资本论》第一卷第一章开篇就宣布,他的科学纲领是对商品及其关系<sup>[1]</sup>做进一步的分析,并阐述了他要采用的(辩证)方法。弗洛伊德在《梦的解析》的第一页就开宗明义地说:一个新领域可以成为富有成效的研究的主题,只要将他的心理分析程序运用到梦这一领域来,那么梦就可能成为一门科学的主题<sup>[2]</sup>。本着同样的精神,帕森斯(Parsons)在其《社会系统》(1951)的序言中说,“本书是用系统和归纳的方式,把一个概念图式的主要轮廓整合起来的一种尝试,为的是分析社会系统的结构和过程。”

---

[1] “Der Reichtum der Gesellschaften, in welchen kapitalistische Produktionsweise herrscht, erscheint als eine ‘ungeheure Warensammlung’, die einzelne Ware als seine Elementarform. Unsere Untersuchung beginnt daher mit der Analyse der Ware.” (Marx 1867, p. 1.)

[2] “Auf den folgenden Blättern werde ich den Nachweis erbringen, dass es eine psychologische Technik gibt, welche gestattet, Träume zu deuten, und dass bei Anwendung dieses Verfahrens jeder Traum sich als ein sinnvolles psychisches Gebilde herausstellt, welches an angebar Stelle in das seelische Treiben des Wachens einzureihen ist. Ich werde ferner versuchen, die Vorgänge klarzulegen, von denen die Fremdartigkeit und Unkenntlichkeit des Traumes herrührt, und aus ihnen einen Rückschluss auf die Natur der psychischen Kräfte ziehen, aus deren Zusammen-oder Gegeneinanderwirken der Traum hervorgeht.” (Freud 1900, p. 1.)



不管我们今天怎样看待这些理论体系,在历史上的某些时期,这些社会科学家们通过对这些公理化的理想化事物进行详细阐述,从而对他们所从事的科学领域的构建做出了贡献。一些社会科学家将争论说,在今天,试图构建如此宏伟的系统会弄巧成拙。然而,一切(科学)知识均具有权宜性这一正确的假说并不支持这样的结论:科学方法是不可能存在的。它只是说明,方法具有认识论的功能而不应该被具象化,它还尤其说明了,考虑到对社会科学中的方法之要求,有关方法最好能够解释这种知识的历史权宜性。

## 第5节 从学科公理到组织化科学

科学是科学文化的一部分;各门科学之间可能共享一些公理前提,而在其他某些方面相互对立。如此产生的多种学科结构不应当用和平共处来表征。这里,文化现象的概念化,如马克斯·韦伯的科学理论(Wissenschaftslehre, 1968)所阐述的那些内容,再一次成为最有用的。

根据韦伯的观点,文化现象按照定义就与价值相关;价值观念相互间是不相容的(“völlig unausstragbar”)。在历史现实中,社会行动者不得不为自己持有的价值所激发的观念而不懈抗争。社会现实的分析者可以从中综合出一些“理念类型”作为心智构建物,人们就是依据这些构建物来试图对社会上所发生的事情加以理解的。因为理念类型对各种价值观念的组合方式各不相同,在历史进程中,其他组合方式对于在历史的社会生活中正在发生的价值碰撞可能变得更加重要<sup>[1]</sup>。因此,理念类型是权宜性地依赖于分析者的历史状况的。对韦伯来说(如[1904]<sup>3</sup> 1968,第203页),

---

[1] 与相对主义不同,在韦伯的概念体系中各种价值观念不能共存,但它们为不懈抗争搭好了舞台,而这正是社会科学的目标(例见 Weber[1917]<sup>3</sup> 1968,第508页)。

“理念类型”主要具有启发价值。

我们可以通过类比向这种视野学习一点什么:科学之理想化的功能同韦伯的分析中的价值观念是一样的,结果,学科的知识组织也许可以教给我们这些分析者一些有关理念类型的东西,将理念类型作为价值组合的虚拟体现。这些理念类型事实上在某些历史关头对于社会及生活在其中的科学家变得很有价值<sup>[1]</sup>。虽然科学的知识组织发生在社会现实中,但它并不局限于知识组织。用韦伯式的术语来说,我们可以将特定一门科学的知识组织想像成一个“理念类型”:它是一种心智构建物,在其帮助下,我们分析者可以试着去理解更加复杂的科学实践。因此,它是一个方法论上的变量,可归结于作为一个社会性分析单元(例如,Whitley 1984)的组织。

给定本项研究使用的多维模型,人们也能将知识组织归结于作为认知性分析单元的一个学科或一个专业。如上所述,这在分析上是一个不同的概念。例如,一个专业的主要理论在一种情况下可能比在另一种情况下更有争议。这种理论的不确定性可能会在科学共同体组织的层次上系统地影响诸如任务的不确定性和相互依赖性等变量,就像惠特利(Whitley 1984)在其著名研究中所分析的那样。第三,如果人们希望以构成了文献档案的期刊为依据来定义学科,则可以依据文本来定义知识组织。

也许,存在一些限制性的情况,在这些情况下人们可以用维数少于三的框架来研究科学。人们可能故意限制自己,仅仅用一维来解释,如仅用社会机构来解释。或者,人们可以提出足够简单的问题,这样只要用较低的维度就能达到目的,如为着机构管理的目的而研究科研设施的年龄分布。然而,维数的减少将导致对我们

---

[1] 事实上,韦伯本人就是用这些术语来讨论这些不同门类的科学的。见:Weber[1904]<sup>3</sup> 1968,第185页及其后。

感兴趣的复杂现象的一种非常片面和临时性的理解。我们可以提出进一步的问题,它们反映出,概念化所隐含的减少维数是不合适的。

## 1. 多学科、学科间和跨学科

在情境分析中,各种维度和各个层次的复杂性可以通过专注处理一种特殊关系来降低,其目的在于开展经验研究。然而,一旦当你想再次扩大范围(比如说为了对更富于理论色彩的辩论做出贡献),多维度问题和组织科学活动的多种集总层次的问题就会再度出现。在科学元勘中,人们不能否认主题的复杂性:被研究的系统是内部自反的,因此,将科学家及其文本当成台球一样来研究的实证论模型终将瓦解。

由于文本维度分析的独立性,科学计量学指标使政策制定者产生了自己已拥有评判其他维度绩效的客观工具的感觉。引文分析对于科学元勘,对于群体或个人绩效的估价尤为有意义,这是因为通过利用文本手段(参见 Leydesdorff 和 Amsterdamska 1990)有可能指明科学的认知维度与社会维度之间或“影响”和“质量”之间的联系。与之相似,政策制定者或分析者通过使用具有纲领意义的一些热门词,如“学科间性”、“多学科性”甚至是“横断学科或跨学科性”,有时也许可能暂时性地开展一场关于知识组织这个主题的分析复杂性的讨论;但在科学元勘中,人们应该谨慎从事,不要不加反思地引入这些概念范畴。

例如,人们可能希望根据定义来区别多学科和学科间。那么,多学科这个标签会用来表示,某人正在从各种学科(除了相互研究之外)的视角来研究(或希望研究)相同的主题。为了在各自学科框架内允许开展质量控制,从这些视角中的每一个视角出发时,其他视角都被暂时地尽可能深深地埋入情境之中。例如,就科学元勘而言,哲学家会将科学元勘中涉及的社会学问题交给社会学家,

反之亦然。因此,多学科研究一般反映了每一门贡献学科的丰富多彩和精致程度,但它们缺乏整合,而这通常是想靠学科间这个标签来实现的。

在学科间的研究中,人们强调综合,因此,研究关注的是各种学科视点的重合领域。例如,人们可以详尽地描述一个在各种学科视点中有更确切意义的概念,如科学元勘中的“范式”。通常,在具体的研究中,必须在以下二者中做出权衡:一方面,在多学科合作中,充分保持存在于较成熟的学科中的各种学术传统;另一方面,宁愿牺牲分析的严密性和学术的精确性,也要注意利用较为成熟的学科间互参照的可能性。

因此,在这些纲领性模型中,人们都只好在先验的基础上牺牲一些说明空间:就多学科而言,人们关注的是互补性,对于学科间而言,关注的则是交叉和综合。学科间性的整体论吸引力将只诉诸单一分析目标的理论范畴都给挤到一边去了;多学科的分裂性进路不一定能填补这个空洞,因为学科界限往往被具象化了。

科学元勘的复杂性的概念化,作为一个多维问题,从原则上使得人们有可能避免这样的纲领性选择和开发一个框架,在这个框架中,人们可以坚持互补性,研究作为多维度的复合产品的那些物体,因为我们已区别出以下两方面:一方面是作为组织的认知形态的学科框架,另一方面是在社会分析中作为“理念类型”的知识组织。

在多维图式中,认知意义上的学科视点使知识组织方面的学科视点的具象化不再合理。从这个视点看,社会现实中的知识组织与认知意义上的学科描述可能一致,也可能不一致。举一个具有政策意义的例子。如果一个学科间的活动缺少一个认知维度的公理框架,就不容易在这个维度中将质量控制操作化。一个科学政策分析者可能希望讨论,如何为着质量控制目标来进行组织,换句话说,人们在估价所研究的项目时,也要看该项目是否在认识论

意义上对分析框架的突现做出过贡献。

总之,“多学科”进路的假设是基于将认知维度的学科边界强加于知识组织。然而,后者作为社会维度的“理念类型”发挥作用,值得特别地描述。另一方面,“学科间”进路基本上将科学理想化的复杂性与“现实世界问题”的复杂性相混淆了。在这种情形下,评估计划可以在“智力组织”问题之上再加进认知标准,如范式和理论发展、方法的标准化和值得研究的课题的枚举等等。另外,相关科学文献的组织可以作为第三维加进去。我们将在下一章中谈到这个维度。

## 2. 维度的分析特性

各维度是不相同的,因而值得分别关注,当然并不是在每一个研究项目上都得对各维度分别处理。读者可能会纳闷,为什么我提议考察这三个维度而非别的维度。这不是一个原则性问题,而是出于俭省原因的一个暂时假设。这三个维度已使我能够表明,每当文本、科学家及认知三者在一个复杂的(或异质的)网络中紧紧联系在一起时,总是有被组合的变量和组合变量以及由此产生的互作用效应。另外,这些互作用效应会随着历时发展而得到加强。

然而在技术元勘中,人们可能希望将技术制品作为一个独立维度。在某些情况下,人们可能以类似方式论证说,应将工具作为科学元勘的一个相关维度。而且,在每个维度内,人们还可以再区分出多个维度,如在文献集中,就可区分出引文的共同出现(“同引”)和词的共同出现(“共词”),将其作为知识组织的科学计量学指标。这些扩展只会有助于我的主要论点,即人们首先必须区分不同的维度,然后才谈得上有意义地研究交互作用项(参见 Leydesdorff 1989b)。

维度不应该与情境或系统等同。在研究的这个阶段,模型允

许在任何维度上或维度间出现或丧失系统稳定性。我们并不需要就这种情境或系统是不是历时稳定的这一经验性问题做任何先验假定。于是,我们就能够研究这样的经验性问题,比如,在一定阶段,发展能否被看作为自参照的,还是说,用一个能说明目标参照性(Hanneman 1988)的模型来描述则更佳。在这方面,本项研究所进行的分析将比系统理论性的分析更加面向数据,而不那么具象化。在二级系统论(第三部分)中,系统和自组织的突现仍有权宜发生的可能性。在最后一章(第13章)中,我将主要说明检验自组织假说的经验性条件。

## 第6节 结论

这一章讨论的重点是区分与我们的主题相关的科学哲学的两个极端,即批判理性主义和(新)约定论。前者,即波普尔的观点,包含认知结构独立性的观念,但不容易考虑进变化的因素;后者,即主要遵从奎因-迪昂命题的约定论进路考虑到了变化,但未将科学认知作为可独立操作的维度从分析角度辨别出来。现在我们能够更加准确地说明如何理解这一对立。

按批判理性主义的观点,认知结构被安置于世界3。这样的概念也使用了开辟新空间的譬喻。然而,世界3不是一个由权宜性事物组成的世界,而是一个以不对称为手段的净化过程,一个只允许“正确的”认知入内的极乐世界。因而从本体论上讲,“客观”知识具有一个不同的状态,而不是依对于研究过程的功能性而言的。众所周知,这些哲学家或隐或显地将物理学模型用作一种理想的典范,依照它来检验科学在社会现实中的发展。

利用韦伯的一个术语,我将这种进路称作一个理念类型进路:理念类型是一种心智构建物,它可以通过将社会现实理想化而获得。在这种科学哲学中,“物理学”被具象化成一个科学模型;物理

学的理论组织未被自反地理解,而是被用作一个据以为某些价值和公理而斗争的衡量标准。知识组织的一种类型与整个科学的结构相混淆,目的是保持一个趋向科学的规范地位。

物理学仅仅是知识组织的一种类型,这一点当我们一拿它与诸如医学、自然史,甚至是应用背景下的实验物理学的某些部分等等的知识组织进行经验比较时,就变得显而易见。只要我们允许学科分化和分工,就不可能针对任何时段准确地评价说,什么东西与认知内核相关,什么与之无关。发展是横跨研究前沿产生的,而不是沿着单一的小径出现的。因此,在我们的概念工具中,我们必须为变化留下地盘,不仅仅是学科间的变化,还有学科内的。于是,主要问题就成了如何描述这些变化的问题。

在科学哲学的另一个主要进路即约定论的传统中,主要命题是,在科学中任何理论都能成立,只要坚持这个理论的那些人设法做到了理论的内在一致而不出现矛盾。在这里,科学其实被简化成了一个语言游戏(Quine 1953; Hesse 1980)。我强调说,在约定论传统中,科学与其他信念系统的划界界限趋于消失。将这种科学哲学完全彻底地融入行动者进路,原则上是可能的,因为这两种进路都共同关注具体的经验内容:认知结构不仅仅是可操作化的,而且有时明确地等同于文本(词)结构(例见 Law 和 Lodge 1984)。然而,这个表象未与表现它的系统(如语言)充分区分开。尽管变化的观念被充分地接受并纳入了这种科学哲学的理论结构,但科学方法作为一个对我们具有特殊文化意义的论题选择器的观念,却趋于消失。

除了科学哲学的这两个主流之外,还能区分出其他许多分支。然而,我论证说,辩论中的这两个极端观点给我们提供了本项研究的相关范围。一方面,有认知结构的概念,它是在各门科学的分析理想化过程中及对科学家的现实实践的批判中形成的。另一方面,这些虚拟的原则构成了认知视野,实践中的科学家被要求与之

发生关联。

维度不应被具象化;它们拥有具有理论启发意义之假说的地位,可观察到的事件是不同维度间相互作用的结果。这个模型允许我们详细描述多维空间中各(复杂的)分析单元所具有的不同特性,并依据这些分析单元间的相互作用来分析这种现象。例如,对认知维度中的学科和社会维度中的知识组织作分析性的区分,使我们能够澄清像多学科性和学科间性这样的概念和问题。

历史的和内容的重构也许可以告诉我们在一个专业发展过程中所发生的(重要的或次要的)问题变迁(至于我们能否以正规的内容分析那样的尺度对这些变迁进行量化则是另一个问题)。然而,研究同样这些问题时我们还可从其他角度入手:涉及的科学共同体、文献体系、引文的内向流动或外向流动。对科学元勘中这些不同视点的结论进行综合的问题,最终将归结为对方法论的寻找,这些方法应使我们能够将来自不同分析形式的结论综合起来,即自反地捕获不同表象中的不确定性<sup>[1]</sup>。在后面的某一章中,我将论证说,后一个问题所提出的难题可以通过利用信息论得到解决:对一个维度的分析可告诉我们在其他维度中可预期些什么,而几个维度的分析所告诉我们的,比在其中任何一个维度上的分析所能告诉我们的要多。因此,我们将转而讨论如何分析“异质网络”的问题,不过是自反式地分析。

(姜桂兴 盖红波 译)

---

[1] 在后现代传统中,人们可以声称在不同叙述之间存在“互文性”,但“互文性”无法被系统化地操作。



## 第 4 章

# 文本数据的方法论优先性

本章我关注的是这个多维框架的第三坐标轴,即科学话语的文本积淀。已有许多作者(例如,Hesse 1980;Callon 等 1983;Law 和 Lodge 1984)提到过,文本间存在的关系能给我们提供一个描述科学发展的网络模型。

从方法论的视角来看,选择文本作为分析单元,对于旨在综合的探寻努力似乎是看好的,因为科学论文是在知识增长的层次上对科学的发展发挥作用的,并且它们包含了研究之组织所涉及的大部分相关的属性,比如,作者、机构地址、期刊等。另外,语言学进路,从原则上讲,将定性理解所具有的力量,与利用信息加工和管理手段来处理大型数据库这一选择结合了起来。如果人们能够成功开发一个从文本维度描述科学发展的模型,就有可能在下一步将该模型拓展应用到复合的情形。

## 第 1 节 科学理论的网络模型

人们应当如何从网络角度研究科学文本?网络概念往往诉诸网络分析那些成熟的方法论。然而,人们若想将社会网络分析产生的技术应用于文本数据,就必须满足各种各样的分析条件。首先,在社会网络和文字的网络之间存在的差异必须得到进一步的阐明,因为理论意义上的差异对于操作层面可能产生影响(参见

Burt 1983; Courtial 1989)。

在社会网络分析中,人们提出网络的概念主要是为了研究结构与行动之间的中介作用(例如,Burt 1982)。然而,在科学哲学中,赫塞(Hesse 1980)继奎因(Quine 1953)之后,阐明了描述科学理论的“网络模型”。赫塞(Hesse 1980,第 86 页)将网络定义为对在科学当中发生的观察和理论化过程不断融合的一个从本质上说属于语言学的表述。

与偏重理论化过程中的句法逻辑的经验主义以及理性主义传统不同,网络由“词”——谓词,实体名称——编织而成,这些词须通过彼此相对的位置得到理解和使用(出处同前,第 64 页以后)。理论描述和观察描述之区别被认为不是类型上的区别,而是程度上的区别;谓词的实用的和非正式的用法,可以通过共现和共缺而经验地观察到(出处同前,第 64 页以后)。正如赫塞(Hesse 1980,第 92 页)所言:

然而,假如[谓词]是理论存在物在不同意义上的使用这一说法,仅意味着带电的基本粒子与带电的木髓球是不同类型的存在物,这种说法则容易得到认可,并可表述为,在两种情形下,一个谓词与另一个不同的谓词共现或是共缺。在相对理论化的情境与观察的情境中,谓词的用法具有不同的严格含义,这个事实在网络模型中比其他多数理论描述能得到更好的表达,因为我们已经注意到,在该模型中,一个谓词得到正确应用的条件是部分依赖于被观察到的与其一起出现的其他谓词的。

换句话说,科学可作为知识体系进行经验研究,其方式是对语言的使用进行研究,而不是就相对于文本要素的“理论性”参照和“观察性”参照之间的差异做出先验假定。于是,这些假想的网络就可被定义为科学的结构,这些结构是可以根据在科学文本中的共现和共缺来进行检索的。

这些由共现和共缺构成的非正式网络还有别于“语义学”网络和“符号学”网络。“语义学”网络用于对知识的形式化的计算机表达(例如, Findler 1979), 基于对语言的句法结构分析。“符号学”网络与上面讨论的网络的共同之处是, 它们都优先考虑根据词的共现和共缺来对文本网络进行分析(Law 和 Lodge 1984)。然而, 根据在转译社会学中详细描述的科学元勘的语义学传统, 基本问题是围绕着行动者(或者, 更一般意义上的行动作用者)而展开的, 他们为奠定一个使自己能实施转译的权力基础而建设网络。“共词”能够在进行中的权力争夺战中暂时地稳住地位(Callon 和 Law 1982; Latour 1987a); 因而, 关于共词模式的研究告诉我们的是战略备选方案和战略抉择(参见 Courtial 1989)。然而, 共词自身在这些转译中是行动作用者, 相应地, 它们便不再仅仅被看作指标。这样, 待寻找的是“共词”模式, 这些模式关涉文本和/或作者之间的科学辩论中模式的战略地位, 而主要不关涉它们在争论或理论中的功能。

综上所述, 赫塞(Hesse 1980)的“网络模型”是关于认知性分析单元之间的关系的; 该模型呼吁依据在文本中观察到的共现和共缺来研究这些关系, 并提出一种假说, 即这些关系将表示谓词和理论存在物。网络模型对科学结构的研究进路是辞典学式的。

## 第2节 文本与词的共现

从情报学的角度来看, 通过词的使用(例如, 通过科学计量学地图)来重构科学似乎是具有吸引力的: 词是有意义的, 很显然词存在于所有的分析层次及所有的数据库中, 而且, 词频和词频分布的动态研究在计算机的帮助下是较为容易的。与引文不同的是, 利用政策文献和会议论文也可进行共词分析, 而不一定是期刊论文(例如, Callon 和 Courtial 1989; Kranakis 和 Leydesdorff 1989)。

另外,科学的辞典学变化一直与科学史研究中的范式发展定性地伴随着(例如,Kuhn 1984)。

在经验研究中词典胜于句法的明显优势是,字符串可以直接从文本中分析出来,而无须分析者的许多干预。在词和共词的层次上对科学论文的文本组织进行重构,从长远说来有可能将以下两种视角结合起来:信息检索(它拥有在检索式中使用词的强大传统)和人工智能。这一阶段的最终目标是寻求这样一种可能性,即通过科学文本(利用词典)来重构科学发展,而无须主观诠释(参见 Langley 等 1987)。

然而,正是在与情报学的关系上,词典进路的弱点已暴露得很明显:即词-词结合在一个无限制的(自然语言)环境中是局部的结合(Lesk 1969; Salton 1970; Salton 和 McGill 1983),我们还知道,在文本中词是随机分布的(Ijiri 和 Simon 1977; Chen 1985)。尽管词及词共现在特定情形下可能成为反映科学的知识组织的有用指标,但由于这两个原因,共词模型必须进一步细化。

首先,在以文本单元作为样本(例如,文献、句子)和以词作为变量的矩阵中,通过分析可区分出以下这两种结构:词结构和文献结构。原则上说,这两个维度在概念上是独立的(由于正交)。文献结构由它的边界决定,因而应该根据其与外部环境之间的关系来进行评价;词结构通过对这个集合中词的用法的编码,反映了内部的知识组织。

由于词-词结合的局部性,因而若根据词的出现频度对“文献结构”进行分析,在限制性文献集中比在一种自然语言环境当中更有可能取得成功。限制性文献集是从一个较大的数据库中根据特定的标准选出的一种文献集。比如,若某人对于某个机构性研究计划的知识组织感兴趣,一种着手方式可以是,根据作者和单位地址检索出所有有关该计划的文献。

其次,在特定的(限定的)主题领域内对词的用法的编码程度,

将决定着是否能按照基础文献找到某种词结构。尽管这两个条件(限制性和编码化)在概念上是独立的,但从实践上来看,编码化条件常常以限制性条件为前提。因此,文献结构的揭示可以是在词频分布方面利用共现和共缺的更一般性的应用。至少在这个限制性集合当中是否也能发现某种有意义的词结构,仍然有待经验性的发现。

### 1. 科学文本中的集总层次

除了分析在“行动者网络”中词的功能和词的共现以外,转译社会学的支持者还引入了嵌套网络式科学的概念:一些词(“宏观词”)比其他词更为重要,因为在较高的集总层次上,它们可以用作下一层次的聚类的表象(Callon 等 1983, 第 212 页; Callon 等 1986, 第 103-123 页)。这就好像一些行动者构成了国家机器,就可以代表若干群组来行动一样(Callon 和 Latour 1981)。然而,在行动者网络模型中,不同集总层次都被等同看待:每一个行动者网络都可以是由其他的行动者网络所组成,后者又可以与处于其他集总层次的另一些行动者网络交互作用并相互比较。可以类比的是,共词在不同的情境中具有相同的符号值<sup>[1]</sup>。基于这种符号假定,共词手段被认为是对网络中和网络之间的转译进行图形表现的一种客观的,即对情境不敏感的手段。

然而,指标依赖于情境:离开情境它们便没有意义。虽然从围绕社会中权力是如何交易和构成的这一问题进行理论思考的视角来看,符号假定可能一直具有富有成果的启发意义(既然异质的存在物获得了一视同仁的对待,它们就都能以同样的方式被“吸收为

---

[1] 作为“行动作用者”(讯息)的文本元素和作为“行动者”(发送者和接收者)的社会因素之间的差异,有时用于符号分析,而在转译社会学中常有意识地无视这一差异。例如,在卡龙等(Callon 等)1986 年那本编著的纲领性导言的注解 2 中,编者指出:“我们的‘行动者’的概念比英美社会学体系通常所指的要宽泛。”

成员”),然而,在对于文本本身的分析中,集总层次确实产生了情境差异。科学是嵌套式的结构:每个较高的组织层次对较低的层次施加控制力,至少就情境变量而言是这样(见图 4-1)。

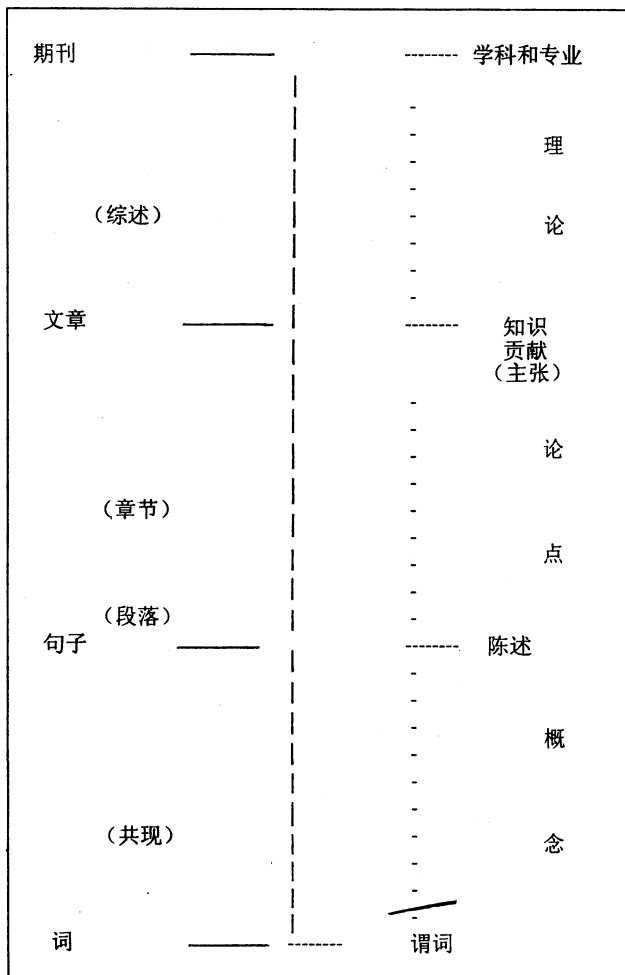


图 4-1 文本单元的集总和组织

例如,是什么使一篇文章成为理论贡献性的文章,只能在该专

业所处的更为广泛的情境中才能决定;是什么使得一个命题成为论据,固有地受到理论的局限;是什么使得词的组合成为一个较严密的概念,首先依赖于论证过程。词至多能表现理论存在物和谓词;它们的关系也许在陈述层次上可以表示较严密的概念(Hesse 1980),但是共词手段是否在其他集总层次上也具有这种同样的功能,仍有待经验研究来回答。

知识组织的高阶结构,如理论、专业和学科,不可能仅仅由词的集合来表征(尽管它们不得不用语言来表达,正如实用主义视角告诉我们的那样)。科学文献的最高集总层次,是科学期刊和科学书籍。

由于(集总的)期刊层次被认为可反映专业 and 学科的发展<sup>[1]</sup>,因而(集总的)文章层次(综述评论、注记等)就自然被认为可反映期刊结构内的理论发展(参见 Bastide 等 1989)。除了综述评论文章、研究论文和技术注记(所有这些类别在专业层次上具有按期刊的分布和按期刊内部栏目的分布)之间存在动态关系之外,我们还可以假定,在属于某专业领域的一个给定的期刊聚类的论文之间存在理论性的争论。这样,转译的各种动态过程便同时进行着。

新的知识主张是这些转译过程的基本单元。人们期望,一篇重要的文章会组织一番知识主张,从而对理论发展做出贡献。新知识主张往往以论证的形式表述。为了构建这个论证,必须将理论存在物、谓词、方法论的规则以及从早期研究得出的根据(比如引文)安排得井井有条。文章的各个章节将所涉及的各种因素组织起来:将问题置于相关情境中之后,作者须说明要用到的方法,提供实验数据,得出结论,并且讨论它们对进一步的理论发展的蕴

---

[1] 利用各种指标(例如, Carpenter 和 Narin 1973; Narin 1976; Leydesdorff 1986; Tijssen 等 1987; Leydesdorff 和 Cozzens 1993),科学期刊可以从学科结构 and 专业结构的角被清晰地聚类。另见第 9 章。

涵意义。

论证是以以下这样的逻辑顺序非形式化地织成的:句子连句子,段落连段落(Amsterdamska 和 Leydesdorff 1989)。现在我们要谈的问题是,人们是否能够通过使用共词分析手段追溯出(潜在的)结构?有可能通过集总,通过单单使用词典,来自下而上地分析科学的结构吗?

## 2. 分析单元

在网络分析模型中,人们必须指出什么算是节点,什么算是链接。既然用赫塞的术语来说,词的共现形成了网络中的链接(“编结”),则现在的问题就成了什么可以当作节点(“结”)。

赫塞(Hesse 1980, 第 87 页)主要是从认识论的层次上定义“结”的;因此,“结”就不属于文本。在特定的科学中和特定的一个时间点,“结”将网络与现实联系起来;其他部分则主要起到使理论内在一致和前后连贯的作用。赫塞还强调说,随着科学的发展,在一种情境中起到结的作用的部分,在另一情境中可能起的是链接的作用。由于链接的定义是“谓词和它们之间的较严密的关系”,这也就意味着,认识论网络中的节点应能表达为词(和词之间的关系)。这与赫塞所坚持的基本观点是一致的,即知识具有的意义,是仅跟语言发生关系的,并不能反映语言和世界的对应关系(参见 Hesse 1988)。

这样,共词方法论(即,将词作为分析的单元,将词的共现作为特征)就可以借助赫塞的科学哲学而获得合法地位(Law 和 Lodge 1984; 参见 Collins 1985b)。共词分析者创造出了一种(对称的)“共词矩阵”,来表示在一个给定的文献集中两个词一起出现的次数。尽管这个步骤与将词视作保持双重关系的行动者(行动作用者)的社会学譬喻是一致的,但是这个对称矩阵的用法从方法论上说有几个缺陷。在非对称矩阵中,一个维度是作为分析单元的样



本(文献、句子、章节等),另一个维度是作为变量的相关词的出现频度,此时,共词代表了由那些有两个共同词的样本构成的一个特殊类别<sup>[1]</sup>。

这个原始矩阵(即,文献对词)使我们能够对词之间所有的多变量关系进行全方位的考虑,除此之外,还可以就词在样本中是否出现来研究样本间的关系。例如,利用以句子作为样本和以词的出现频度作为变量的矩阵,人们既可以研究词的结构,又可以研究句间结构,如段落、章节等。然后,人们还可以就文献集构成的问题,分析一下文献之间的集总和分解会产生什么影响<sup>[2]</sup>。

对我来说,两个句子似乎是文本中最小的意义单元,两个句子可以共同使用一个词,或曰两个词的共现等。句子由词构成,段落由句子构成,小节则由段落构成,等等,于是我们可以将集总过程视作一个重复的,从而是可常规化的过程:词组成句子,句子组成段落,等等。在每个较高的层次,我们都能够以由句子和词组成的矩阵为基础,通过简单加总,创立一个由样本(即句子,段落,小节,文章等)和在样本中出现或未出现的词所组成的矩阵(见图 4-2)。现在的/key问题变成了在较高的集总层次上,该矩阵是否会有新的结构特征突现出来,如果有新特征,如何根据图 4-1 所列出的假设来解释这些特征。

---

〔1〕 利用矩阵代数,一个对称的共词矩阵可由一个非对称的词/文献矩阵  $P$  与其转置矩阵  $P^T$  相乘而得到(Engelsman 和 Van Raan, 1991)。

〔2〕 要检验一个共现的重要性,只有看相对于给定的文献集中的词频分布,共现的期望值有多大。若没有这个说明,结合强度——有时以 Jaccard 指数、余弦或皮尔森相关性来测度——就不再能视作共现概率的度量,而只能视作矩阵的概要性统计数据,表明了不同共现的相对权重(Rip 和 Courtial 1984; Zaal 1988)。

由句子和词组成的基础矩阵

	词 A	B	C	D	...	...	Z	
句子 1	1	0	0	2	0	0	1)	
句子 2	1	1	0	0	1	0	0)	段落 1
句子 3	0	0	0	1	0	1	1)	
.....	.	.	.	.	.	.	.	
.....	.	.	.	.	.	.	.	

在本例中段落 1 是各行之和,代表句子 1 到 3

由段落和词组成的集总矩阵

	词 A	B	C	D	...	...	Z	
段落 1	2	1	0	3	1	3	0)	
段落 2	.	.	.	.	.	.	.	小节 1
.....	.	.	.	.	.	.	.	

由小节、文章、期刊等与词组成的进一步集总的矩阵

	词 A	B	C	D	...	...	Z	
小节 1		.	.	.	.	.	.	
等		.	.	.	.	.	.	
文章 1		.	.	.	.	.	.	
等		.	.	.	.	.	.	
卷 1		.	.	.	.	.	.	
等		.	.	.	.	.	.	

图 4-2 文本单元的集总

### 第3节 通过词对单篇文献进行全文分析

最局限的文献集由一篇文献所组成。这里有一个似乎合理的假设,即在同一篇科学文章中,作者(们)会尽量避免词的意义发生变化,这样,可期望词的用法尽可能“编码化”<sup>〔1〕</sup>。在一篇文章当中,词起到构成句子、段落和小节等文献结构的作用,这些文献结构物还维系着彼此之间的聚集关系。若我们将词归结到这些不同集总层次的单元中去,我们是否会找到结构?若确实找到了,从认知角度来说,这一结构揭示了什么?

利用一篇刊登于 *FEBS-Letters* 1980 年 10 月号(119 卷,第 271-274 页),H. J. Sips, A. K. Groen 和 J. M. Tager 所著的题为《丙氨酸的血浆膜输运对于它在鼠肝薄壁组织细胞中的新陈代谢起速率限制作用》的文章,我探讨了这些问题<sup>〔2〕</sup>。请记住,在本阶段,我们所感兴趣的主要是建立一个“共词模型”,目的是为了在文本中检索出“认识网络”。下一个阶段(即第 5 章),这里得出的模型(见下面)将在一个文本集合中加以检验。

被研究的这篇文章具有规范的研究报告格式。它的主要论点是,氨基酸透过细胞膜的输运与其在肝细胞当中相应的新陈代谢之间存在可能的关联(这种关联一直很少受到关注),它是一种简单直接的关系,如对于丙氨酸,前者对后者起速率限制作用。这个观点中非常重要的一点在于,它使得那些主要关注肝细胞内新陈

---

〔1〕一般来说,本项探索将局限于以科学论文为形式的书面交流,因为我们可以假设,在这个特别话语形式的合理的言辞库中,论文的社会权宜性生产会遭到尽可能的压制(参见 Gilbert 和 Mulkay 1984)。

〔2〕我之所以将这篇文章选择为以引文分析为目的的材料之一,是因为该文在好几项研究中都已有全面的分析。见:Leydesdorff (1989b); Amsterdamska 和 Leydesdorff (1989); Leydesdorff 和 Amsterdamska (1990)。

代谢的研究者,开始关心透过细胞膜的生化输运机制。目前这已成为一个医学领域里的一个课题。

该文本包含 1832 个词,508 个是未重复的,组织成 59 个句子<sup>[1]</sup>。另外,该文章还包含 2 个插图、1 个图表(有图例)、1 个鸣谢和 20 个脚注。对于我们的分析而言,我们仅使用了构成观点的 57 个文本句(并去掉了标题句和鸣谢)。这一部分文本含有 412 个不重复的词,这些句子组织成 15 个段落,3 个小节,子标题分别为“引言”、“材料和方法”、“结果和讨论”。仔细阅读后发现,该论文的最后四个段落为讨论部分,应该与第三节的实验结果的阐述区分开来(不过,作者在此并未添加子标题)。表 4-1 概括了该文本的组织。

表 4-1 小节、段落和句子组织为文本

	每节包含的段落数	每个段落包含的句子数
引言	3	8
方法和材料	3	11
结果	5	23
结论/讨论	4	15
总计	15	57

除了直接由形容词变化来的副词,所有的副词、数词和代词都被排除在分析之外。同义词、同根词以及各种动词变位都被贮存在一个词典中,这个词典在分析过程中派上了用场。对拿不准的情形,两个词就被当作具有含义不同的词。有时这需要审慎的决定:例如,在该文本中,“metabolic”(代谢的)就被看成与“metabolism”(代谢)意义相同,而“metabolite”(代谢物)则被看成

[1] 1832 这个数是基于机器计数的。若除去数字和计量单位,只有 1700 个词,其中 496 个是不重复的。

另一个词。

仅出现一次的词可被视为噪音,因为这些词只表示差异,而不表示相似性<sup>〔1〕</sup>。在论证过程中,有 93 个有意义的词(或者,更精确地说,意义相当的词构成的词组)出现频次超过了一次,见表 4-2 所列,这些词都包括在这次分析当中。正如所料,这些词频分布并不均衡,既有出现频次高达 58 次的 alanine,又有出现频次只有 2 次的 25 个词。总计,这 93 个词在文本中共出现了 527 次。

表 4-2 用于对赛普斯等 (Sips 等 1980) 著的文章进行全文分析的 93 个词和 33 个同义词

---

ABSENCE	
ACCUMULATION	
ACID	
ACT	
AGREE	AGREEMENT
ALANINE	
AMINO	
AMINOXYACETATE	
ANALOGOU	
ATTENTION	
BATCH	
BUFFER	
CARRIED	
CATABOLISM	CATABOLIC
CELL	
CENTRIFUGE	CENTRIFUGED, CENTRIFUGATION, CENTRIFUGING

---



---

〔1〕 另外,为了限制计算量,减少涉及的词的数量是合宜的。

续表

---

CHAMBER	
CHANGE	
COLUMN	
CONCENTRATION	
CONCLUDE	CONCLUSION
CONDITION	
CONSTANT	
CONSUMPTION	
DETERMINED	
DRY	
EFFECT	
ENZYME	ENZYMIC
EQUILIBRIUM	EQUILIBRATE
EXPERIMENT	EXPERIMENTATION
EXTERNAL	
EXTRACELLULAR	
FASTED	
FED	
FIG	
GLUTAMATE	
INCREASE	INCREASED, INCREASING
INCUBATION	INCUBATED, INCUBATING
INDICATE	INDICATED, INDICATIVE
INFLUENT	
INHIBITED	
INHIBITOR	
INTEREST	
INTRACELLULAR	INTRA- (and extracellular)

---

续表

---

ISOLATED	
KINETIC	
LEAD	LED
LIMITING	
LIVER	
LOW	
LOWER	
MEASURE	MEASUREMENT, MEASURED, MEASURING
MEDIUM	
MEMBRANE	
METABOLISM	METABOLIC, METABOLIZED
METABOLITE	
METHOD	
MG	
MIN	
ML	
MM	MMM
MOL	
OBSERVED	OBSERVATION
OIL	
OXOGLUTARATE	
PARENCHYMAL	
PERFORMED	
PERIFUSATE	
PERIFUSED	(PERIFUSION)
PHYSIOLOGICAL	PHYSIOLOGICALLY
PLASMA	
PRESENCE	PRESENT

---

续表

---

PYRUVATE	
RAT	
RATE	
RESULT	RESULTING
SAME	
SAMPLE	
SHOW	SHOWN, SHOWED
SILICONE	
SITUATION	
STATE	
STEP	
SUBSEQUENT	SUBSEQUENTLY
SUSPENSION	
SYSTEM	
TABLE	
TRANSAMINASE	
TRANSPORT	
UPTAKE	
USE	USED, USING
VOLUME	
WT	

---

这样,下一步分析所用的基础矩阵就是由 57 个句子和 93 个词组成的矩阵<sup>[1]</sup>。其他有关的矩阵可由该矩阵内的某些集总所构成:例如,对最先的 8 个句子(行)进行集总,构成了引言部分,作为一个样本(见图 4-2)。因此,人们可以从这个矩阵产生出其他

---

[1] 表 4-2 中 PERIFUSION 加上了括号,由于失误,在分析时漏掉了这个词。



一些矩阵,这些矩阵使得人们有可能在全文层次上、在每个段落和每一小节中、或者在段落之间和小节之间,研究文献和词的结构。

每个矩阵都可经受各种类型的多元分析处理。在本研究中,我应用了因子分析方法,从词和文献结构方面研究矩阵<sup>[1]</sup>。至于图形表现,我是通过应用 CLUSTAN 2A 程序 (Everitt 1974; Wishart 1978)产生的柱图。通过涉及的 93 个词,用判别分析法概率性地测试了句子是否属于小节部分之类的问题<sup>[2]</sup>。

### 1. 处于不同集总层次的词结构

我们区分出 4 个相关的集总层次:句子、段落、小节和全文。词以一定顺序组成句子,句子以一定顺序组成段落,依此类推。人们可以在每个较高一级的层次上,寻找是否有新的结构特征突现。

最先的发现是,将这 93 个词作为变量,归结到作为样本的小节部分,对这些词进行因子分析,获得的是一个鲜明的、意义充分的三因子解。这样的结构在较低的集总层次上是找不到的。(通过聚类分析得到的)柱图使我们能够直观地显示结果:从图 4-3 可见,3 组词之间的差别极其清晰<sup>[3]</sup>。

---

〔1〕所有的矩阵都经过了正交和非正交的因子分析(参见 Kim 1975)。本讨论系基于正交解,因为非正交解无助于理解。

〔2〕由于小节的数目、段落的数目和句子的数目在序数层次上协同变化,所以没有必要使用更复杂的 MANOVA 设计(Norusis 1986,第 103 页之后)。

〔3〕由于柱图是基于聚类分析产生的,所以人们必须选定相似性标准和聚类算法。为获得能对主成分结构给以离散和清楚的表达的柱图,人们可以将皮尔森相关性选定为相似性标准,将 Ward 方法作为聚类算法(例如,Tryon 和 Bailey 1970,第 118 页;Leydesdorff 1987;Leydesdorff 和 Zaal 1988)。不过,Ward 方法只是针对欧几里得距离矩阵定义的。

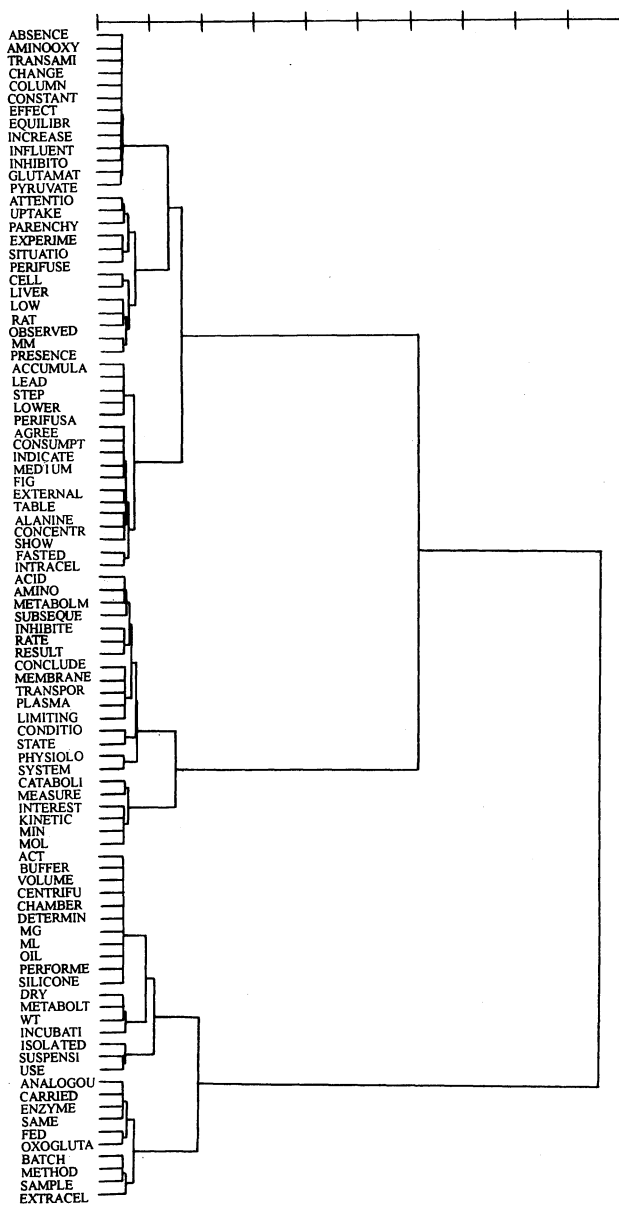


图 4-3 词相对于小节的聚类

由上到下我们看到,第一类包含的是与论文中叙述的观察有关的词,第二类包含的是标明论文的理论力度的词,而第三类与前两类之间类距较大,包含的是与方法有关的词<sup>[1]</sup>。

区别是非常准确的;例如,在第一个例子中,人们可能奇怪为什么“Mol”(分子)和“min”(表示分钟)也会列在理论术语类中?然而,人们应该意识到,使用伺服测量计实际上观察到的是曲线图上的“增加”,而不是每“分钟”“分子”被运输的数量。只有以运动论来解释这个图表,将这个理论作为一个前提条件,人们才能通过观察来计算出分子每分钟的速率。正如我们可以看出的,“increase”(增加)确实是在观察类术语当中的。

在某些情况下,词在这三种类型之间的区分是权宜性的,视文本而决定的:例如,“intracellular”(细胞内)在图4-3中被包含在观察类术语中,而“extracellular”(细胞外)的分类属于方法性术语。在文本当中,“intracellular”最常用于词组“intracellular alanine concentrations”(细胞内丙氨酸浓度),而“extracellular”还常用于词组“extracellular medium”(细胞外介质)。这两个词还都对理论因子具有重要的因子载荷作用。很多词有不止一个重要因子载荷,因而有时实际的图景比图形表象所能展示的要更复杂<sup>[2]</sup>。

图4-4和图4-5分别展示的是把段落和句子作为分析单元时得到的聚类结构。在这些较低的集总层次上,只有方法词的聚类还或多或少地清晰可辨;集总层次越低,观察类术语和理论类术语之间的关系则越重要。在段落层次,人们若在图4-4中循着树往

---

〔1〕 这里的差异可由三个因子来说明,这一事实本身是对仅有四种情形,从而三个维度进行分析的结果(例如,Bray 和 Maxwell 1985)。但是,这并不说明这种结构为什么是清晰和有意义的。

〔2〕 与聚类分析算法不同,在主成分和因子分析中,将样本或变量分配至某一群组的方式不是唯一的。另外,聚类分析和因子分析都包含主成分分析,作为分析的初步基础,应用主成分分析只是作为获得表述系统的一个手段,而应用因子分析的目的则是为了说明变量间的相关性(例如, Kim 和 Müller 1978, 第16页之后)。

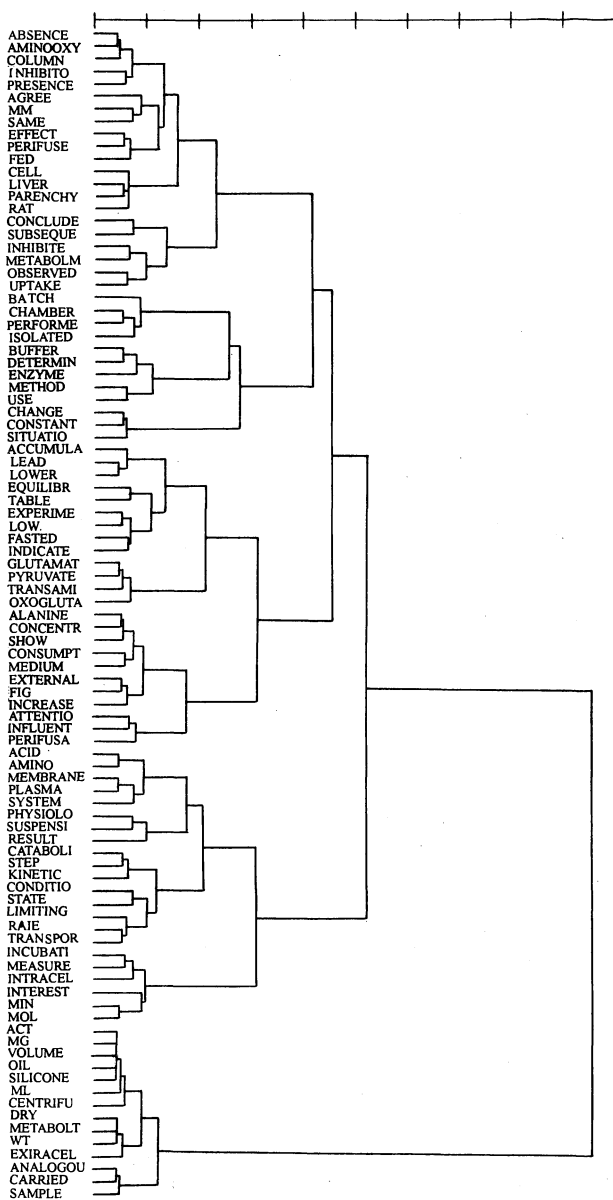


图 4-4 词相对于段落的聚类

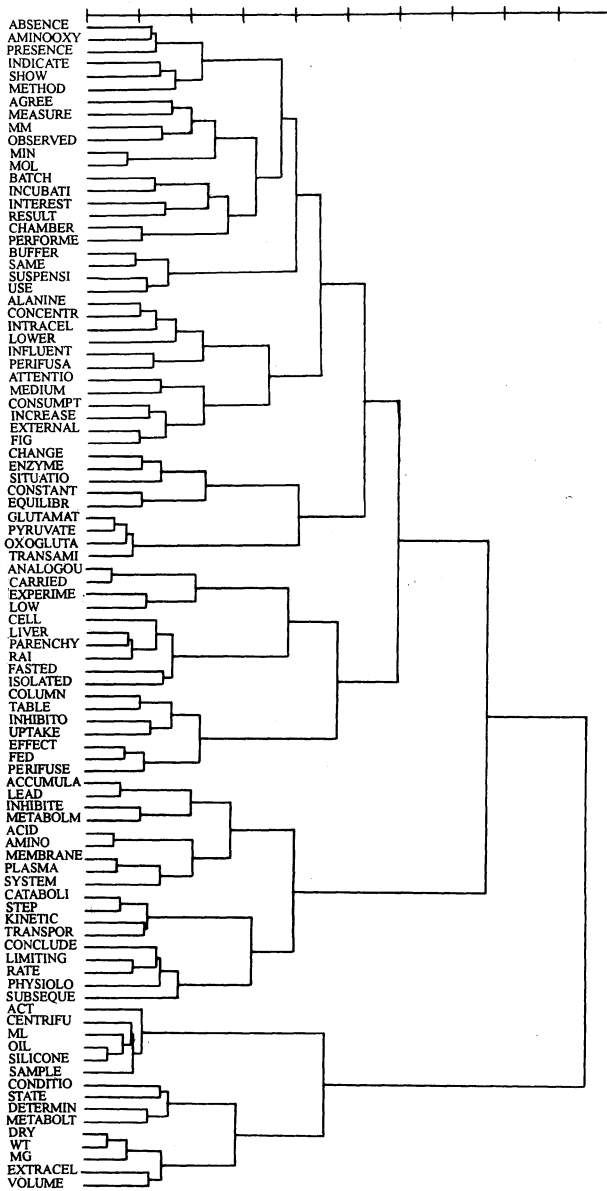


图 4-5 词相对于句子的聚类

下走,就能找到第二个完全由理论术语组成的聚类;但在句子层次上(图 4-5)就没有这样的情况。

总之,前文评述过的哲学文献指出,观察类术语和理论类术语之间存在着强相关关系,在集总层次较低的情形尤其如此(如,个别一些句子),它们反映了陈述或部分论据。在较高的集总层次上(即那些与体现在文章中的知识主张的结构有关的层次,及与该文章想要做出的理论性贡献有关的层次),有可能清楚地区分观察类术语和理论类术语。方法类术语的具体位置对于集总层次不那么敏感。

## 2. 将句子归结到小节

在前面的分析当中,尽管我们在句子层次上没有发现一种清晰的词结构,不过,应用于句子的词可反映出的句子之间的关系却是明确的。这并不奇怪;毕竟,句子、段落和小节在该论证中各有其特定的位置。然而,值得注意的是,我们不需要句法分析和语义分析来做相关的区分;人们只要借助词典式工具便可以重构这样的秩序。

对这个结果最为清楚的图解说明见图 4-6。它说明,若根据句子所包含的词来进行判分,分属不同小节的句子会聚类在一起。“引言”小节的句子处于以下两方面之间的一种中介位置——靠近原点——一方面是方法小节和结论小节的句子,另一方面是结果小节的句子<sup>[1]</sup>。这跟我们对于小节之间关系的直觉理解是不谋而合的。不仅词在小节之间的分布是强结构化的,而且还能(由计

〔1〕 引言的中介位置还可由以下因子数值表来反映:

	因子 1	因子 2	因子 3
	(观察性的)	(方法性的)	(理论性的)
引言	-.744023	-.902473	-.939134
方法和材料	-.550255	<b>1.391648</b>	-.102801
结果	<b>1.455252</b>	.009590	-.363522
结论	-.161004	-.498766	<b>1.405457</b>

在后面的章节中,我们将看到,引言小节中词的用法主要发挥与学科领域层面发生关系的功能。在下一章中,我将应用其他小节之间因子数值的明显差别来进行因子确定。

算机)精确地识别出句子属于哪个小节,并且,不同小节在句子和词频分布方面各不相同〔1〕。

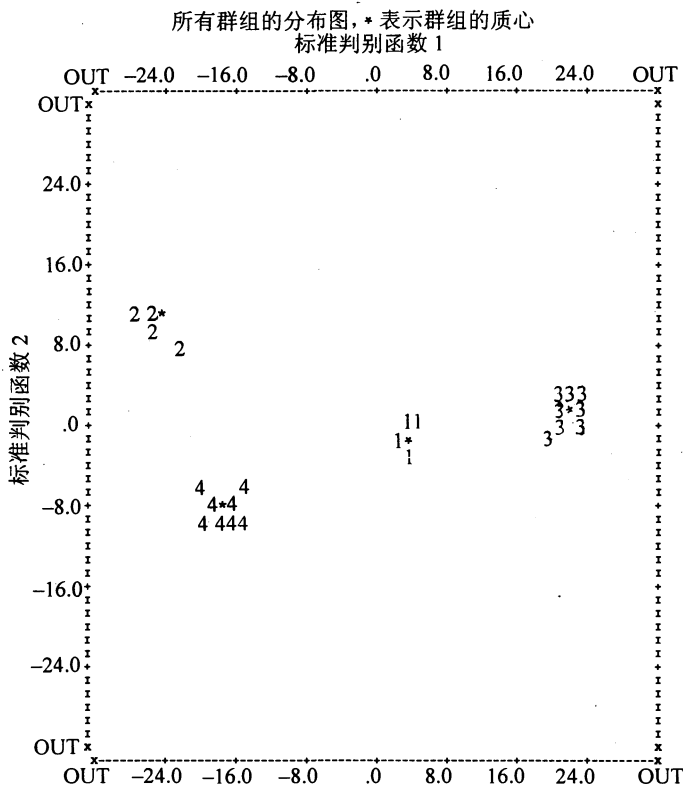


图 4-6 用词作为判别变量,将句子分类到各小节中去

在段落层次上,将所有句子百分之百正确地分类至 15 个段落中去仍然是可能的。不过,图形表象说明,在段落中,句子的相互位置之聚集,不像在小节中那么界限分明。将段落归结到小节中

〔1〕 回过头来看,这些结果证明,我们最初将“讨论”小节从“结果”小节分离出来的决定是很合理的。

去,最终也会导致百分之百的正确分类,但是其图景不如将句子归结到小节中去所导致的图景显著(见图 4-7;对照图 4-6)。

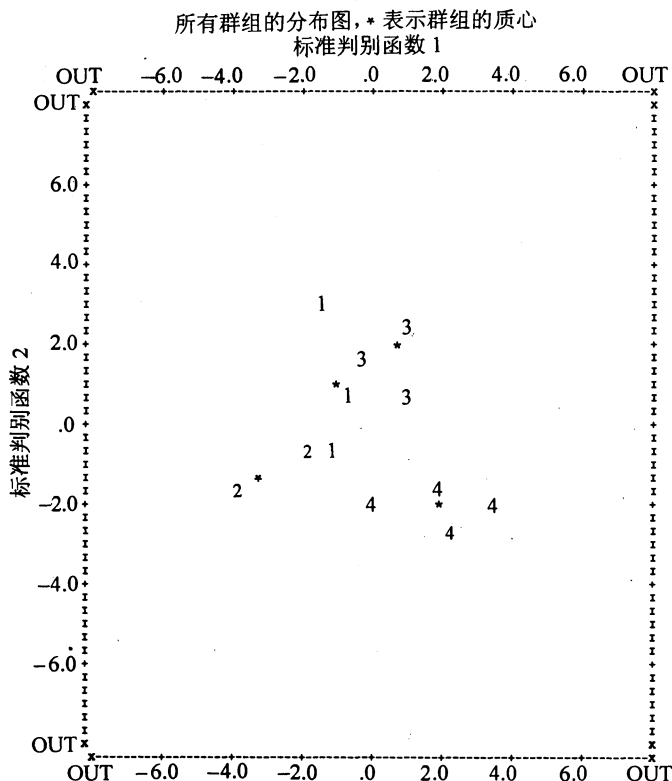


图 4-7 用词作为判别变量,将段落分类到各小节中去

总之,作为变量,词将句子组合成段落,或段落组合成小节的“区别力”,在这两种情况下都小于词将句子组合成段落的“区别力”。这些结果与上述关于在科学文章的结构当中小节具有中心地位的结论是一致的。



## 第4节 结论

本章首先根据赫塞的科学哲学定义了“认识网络”的概念。认识网络能根据词的出现频率和词频分布实现操作化吗？通过研究一篇论文，我们在这里发现了两个主要的结构特征：

(1)在小节层次上，突现了一个三因子的词结构，该结构的因子可被明确地分为“理论的”、“观察的”和“方法论的”。

(2)在句子和段落中词的用法对于句子在段落中的地位、句子在小节中的地位和段落在小节中的地位分别都很重要。将句子分配至小节所形成的图景最为突出<sup>〔1〕</sup>。

这两个结果是相联系的，但彼此却并非对方的逻辑结果。因子结构预示出，小节中句子的聚类（以词作为变量）质心是明显分离的，但并不是说环绕聚类质心的云状点也是明显分离的。后者只有通过判别分析才得以显示出来。

在小节层次，我们发现在词频分布中间存在一个明显的三因子解，因为例如，从这一小节到那一小节，理论性术语往往与方法性和观察性的术语共现或共缺。最清楚的例子在方法小节，在该小节我们发现了涉及的方法性词的出现频次最高（从而共现频次也最高）。然而，考虑到新约定文献对非正规的词语用法的强调，我们倒没预计到在理论性词和观察性词之间存在如许的区别。

在比小节低的集总层次上，词结构更为复杂。总的印象是，依赖人们用以分析问题的观察孔径，人们会发现秩序。这些结果说明，对于文本间的比较，小节层次可能是最能出成果的分析层次。

---

〔1〕 这样的分配似乎对小错误相当不敏感。通常，要经过好几次运行才能将所有错误从分析中剔除，但第一次不大讲究的运行过后，明显的结构就突现了。

尤其是,对科学文章中的“方法”小节进行比较,可能会得到最丰厚的回报<sup>〔1〕</sup>。

(黄宁燕 译)

---

〔1〕 方法小节中对于方法名称的提及和编码,使得人们有可能将该分析一方面与方法手段的社会学分析,另一方面与新方法手段之扩散的经济学和政策分析联系起来。

## 第 5 章

### 科学文章的全文分析

既然主题和词,以及其他潜在的相关变量(作者、期刊、实验室),都会在文本间变化,那么,如果我们想研究一个文献集合,我们就需要一个模型以区分不同的变异源。确实,前一章的结果已经为我们提供了这样一个模型,即著名的判别式分析模型。在本章中,我们将用一个限定的文献集来测试这个模型。

该模型可写作图 5-1 所示的那样。三个因子( $F_1$ ,  $F_2$  和  $F_3$ )——在前一章中已被命名为“理论的”、“方法论的”和“观察的”——被假定为潜在的变量,它们构成了词间的关系<sup>[1]</sup>。但是,既然我们发现,只有当我们在小节层次上进行分析时,这些因子才出现,我们就可以引入小节( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  和  $S_4$ )作为独立的虚拟变量<sup>[2]</sup>。字母 U, V 等等代表干扰项或误差项,也就是说,无法用三个因子项来解释的词间关系。

我们注意到,词的出现频度概念与作为名义变量的词是不同的。到目前为止,我们是将词用作名义变量,可以将它们与分析单元联系在一起(也可以不联系);当在这个模型中被定义时,词在基础维度上有一个赋值。因此,我们现在可以把文本与文本进行比

---

〔1〕 既然没有与这些因子相联系的干扰项,这种情况在判别式分析模型中可叫做 MIMIC 模型(例如, Jöreskog 和 Goldberger 1975 年)。

〔2〕 如果要把这些因子构想为潜变量,它们除了小节结构外还有多重原因,那么这些因子就会有干扰项,就应使用 LISREL 方法。(参见 Bray 和 Maxwell 1985, 第 61 页及其后)

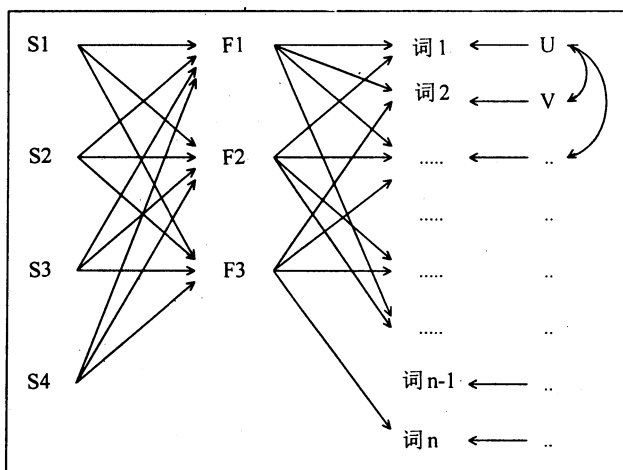


图 5-1 小节中词的组织的途径分析模型

较, 尽管相关的词可能不同。例如, 我们可以把文本中的五个词与“方法”因子的最高载荷相比较, 等等<sup>[1]</sup>。

考虑到基于机读文本来重构科学发展的总目标, 在这个研究阶段的目标是为每一个文本建立词的清单, 清单中词的“理论”值、“方法论”值和“观察”值是递减的。在人工智能中, 这些清单就构成了子句据以运作的数据库。因此, 维数可以指定的清单的建立或许可以部分解决以下问题: 在本人不是被研究的知识生产和控制过程的积极参与者的情况下, 如何处理知识?

## 第 1 节 样本选择

在从事这项研究时(1988 年), 美国化学学会(ACS)的《生物

[1] 按照定义, 因子载荷是各个因子和变量间的(偏)相关系数。因此, 因子载荷的平方( $r^2$ )是变量中能被因子的变化所解释的那部分变化, 反之亦然(因为  $r$  的公式是对称的)。

化学》杂志是唯一可全文在线检索(1982年1月1日以后)的重要生物化学杂志。如上所述,以前有几项研究分析了阿姆斯特丹大学生物化学系的科研状况。卡雷尔·范·达姆(Karel van Dam)教授领导的小组采用了四种不同但又紧密联系的研究路线,其中一个是关于“老鼠肝脏细胞和囊里的膜运输”,第4章分析的塞普斯那篇论文就属于这一研究路线。在这四个研究路线中,从事“Dictyostelium discoideum 中的膜结合调节”课题的研究组所从事的研究被认为与《生物化学》杂志关联最大。

*D. discoideum* 是一个黏液霉菌,它的作用是充任发育生物学中一些重要生物化学过程的模型系统。在饥饿的条件下,这个物种的单个细胞通过“化学诱导剂”的分泌可以注意到彼此的存在。然后,单个的细胞聚集起来,形成了一个多细胞组织,开始了一个明确的发育循环,导致了处于特定的空间排列的两种分化细胞类型。问题是:为了协调生物作用,细胞是如何做到了用一种可控的方式来发送和接收这些交互信号的呢?

在世界范围内,关于这个课题有较为稳定数量的工作,产生了一些文章,大约是一年一百篇。发表模式很分散:《发育生物学》、《细胞分化》以及《分子和细胞生物学》属该领域比较重要的杂志之列。《生物化学》杂志不是一个最重要的发表出口,不过它也不时发表一些关于 *D. discoideum* 涉及的偏重生物化学问题(包括化学诱导剂的化学特性)的文章。

在阿姆斯特丹实验室的文章当中,伯恩斯坦(R. L. Bernstein),罗西尔(C. Rossier),范德维尔(R. van Driel),布伦纳(M. Brunner)和格里施(G. Gerisch)的文章“Dictyostelium Discoideum 中的叶酸脱氨酶和环状 AMP 磷酸二酯酶——细胞外的环状 AMP 和叶酸对它的调控”(见《细胞分化》,1981年第10期第79-86页)一直是该研究路线中被引用最频繁的文章(Amsterdamska 和 Leydesdorff 1989)。因此,本项研究以该文为出发点。该文的第

三作者范德维尔博士是阿姆斯特丹实验室的高级科学家;他是这里报道的研究项目的顾问。

使用《生物化学》的在线安装,找到了 1982—1988 年期间<sup>〔1〕</sup>有 17 篇文章包含 Dictyostelium,其中有 15 篇在标题中出现了这个词(另外的两篇在标题中用的是 Discoidin I)。再加上伯恩斯坦等人的著名文章,我们得到了一个 18 篇文章的样本。为了检验这个样本是否是该杂志中该主题领域的一个足够完全的代表,我用了几个策略:

(1)Dictyostelium discoideum 的一个化学诱导剂是环状 AMP。因此,“cAMP 蛋白质激酶”的研究,尽管是一个独立的研究领域,也是一个紧密相关的主题。另外,我用“cAMP”作为一个标题词,又将“Dictyostelium”作为一个自由文本词在《生物化学》网络版中进行了检索。分别产生了 5 篇和 27 篇文章。后者中的两篇便是前述的标题含有 Discoidin I 的文章。

(2)在一份发给所有引用了 Bernstein et al. 1981 年的文章的作者们的调查表中,我们请这些应答者识别这个科学共同体的主要人物(Leydesdorff 和 Amsterdamska 1990)。使用《科学引文索引》,将发表于《生物化学》上的论文对这些作者的所有引文都下载下来。这样,便产生了 1982—1988 年期间的 16 篇相关的题目,其中的两篇已包含在初始样本中。

(3)将这个样本中的论文对《生物化学》早期文章的所有引文都检索了出来。这样又找到了几篇潜在的相关论文。

接着,和范德维尔博士(那篇检索出发点文章的著名合著者,也是在这些搜索中发现的一篇文章的一个合著者(Janssens 等 1986))广泛地讨论了这些搜索结果和初始样本。范德维尔不认为我们样本中的所有文章都是其研究领域中的重要文章,因为我们

---

〔1〕 所有的搜索于 1988 年 12 月 8 日进行。

的样本是把“Dictyostelium”作为一个检索词的。依他来看,就对这个主题领域的重要性而言,附加检索找到的文章中没有一篇比得上包含在初始样本中的文章。

显然,附加检索比只考虑“Dictyostelium”的检索划了一个更大的圈子:其他一些文章是由于文摘服务才被我们注意到的,但范德维尔那时也只读了这些文章的摘要。当“cAMP”与“蛋白质激酶”研究这两者组合在一起进行检索时,检出文献的相关性就能提高,但这些文献的贡献对 D. discoideum 研究领域的核心的重要性比不上把 D. discoideum 作为关键词来检索所获得的样本中的文章。

根据采访调查,我的结论是:18 篇文章的初始样本(列于表 5-1)为我提供了一个足够完整的范畴。而且,这一核心文章集合比范围更广的集合更可能被限定。17 篇文章的全文从《生物化学》下载下来并被存入软盘。作为出发点的那篇文章另外录入成了一个文件。

**表 5-1 样本目录(关于 Dictyostelium Discoideum 的 18 篇生物化学文章)**

- 
- Bernstein, R. L., C. Rossier, R. Van Driel, M. Brunner, and G. Gerisch, “Folate Deaminase and Cyclic AMP Phosphodiesterase in Dictyostelium Discoideum: Their Regulation by Extracellular Cyclic AMP and Folic Acid,” *Cell Differentiation* (1981), 10, 79-86.
- Olsen G. J., and M. L. Sogin, “Nucleotide Sequence of Dictyostelium discoideum 5.8S Ribosomal Ribonucleic Acid: Evolutionary and Secondary Structural Implications,” *Biochemistry* (1982), 21(10), 2335-2343.
- Weinert, T., P. Cappuccinelli, and G. Wiche, “Potent Microtubule Inhibitor Protein from Dictyostelium discoideum,” *Biochemistry* (1982), 21(4), 782-789.
-

续表

- Rutherford, C. L., and S. S. Brown, "Purification and Properties of a Cyclic-AMP Phosphodiesterase That Is Active in Only One Cell Type during the Multicellular Development of *Dictyostelium discoideum*," *Biochemistry* (1983), 22(5), 1251-1258.
- McCarroll, R., G. J. Olsen, Y. D. Stahl, C. R. Woese, and M. L. Sogin, "Nucleotide Sequence of the *Dictyostelium discoideum* Small-Subunit Ribosomal Ribonucleic Acid Inferred from the Gene Sequence: Evolutionary Implications", *Biochemistry* (1983), 22(25), 5858-5868.
- Rutherford, C. L., R. L. Vaughan, M. J. Cloutier, D. K. Ferris, and D. A. Brickley, "Chromatographic Behavior of Cyclic AMP Dependent Protein Kinase and Its Subunits from *Dictyostelium discoideum*", *Biochemistry* (1984), 23(20), 4611-4617.
- De Gunzburg, J., D. Part, N. Guiso, and M. Veron, "An Unusual Adenosine 3', 5'-Phosphate Dependent Protein Kinase from *Dictyostelium discoideum*," *Biochemistry* (1984), 23(17), 3805-3812.
- Marshak, D. R., M. Clarke, D. M. Roberts, and D. M. Watterson, "Structural and Functional Properties of Calmodulin from the Eukaryotic Microorganism *Dictyostelium discoideum*," *Biochemistry* (1984), 23(13), 2891-2899.
- Takiya, S., K. Takahashi, M. Iwabuchi, and Y. Suzuki, "Structural and Functional Properties of Calmodulin from the Eukaryotic Microorganism *Dictyostelium discoideum*," *Biochemistry* (1985), 24(4), 1040-1047.
- Bisson, R., G. Schiavo, and E. Papini, "Cytochrome c Oxidase from the Slime Mold *Dictyostelium discoideum*: Purification and Characterization," *Biochemistry* (1985), 24(26), 7845-7852.
-



## 续表

- Janssens, P. M. W., J. C. Arents, P. J. M. van Haastert, and R. van Driel, "Forms of the Chemotactic Adenosine 3', 5'-Cyclic Phosphate Receptor in Isolated Dictyostelium discoideum Membranes and Interconversions Induced by Guanine Nucleotides," *Biochemistry* (1986), 25(6), 1314-1320.
- Van Haastert, P. J. M., "Kinetics and Concentration Dependency of cAMP-Induced Desensitization of a Subpopulation of Surface cAMP Receptors in Dictyostelium discoideum," *Biochemistry* (1987), 26(23), 7518-7523.
- Shiozawa, J. A., M. M. Jelenska, and B. C. Jacobson, "Topography of the Dictyostelium discoideum Plasma Membrane: Analysis of Membrane Asymmetry and Intermolecular Disulfide Bonds," *Biochemistry* (1987), 26(15), 4884-4892.
- Kohnken, R. E., and E. A. Berger, "Affinity Labeling of the Carbohydrate Binding Site of the Lectin Discoidin I Using a Photoactivatable Radioiodinated Monosaccharide," *Biochemistry* (1987), 26(26), 8727-8735.
- Kohnken, R. E., and E. A. Berger, "Assay and Characterization of Carbohydrate Binding by the Lectin Discoidin I Immobilized on Nitrocellulose," *Biochemistry* (1987), 26(13), 3949-3957.
- Mutzel, R., M.-N. Simon, M.-L. Lacombe, and M. Veron, "Expression and Properties of the Regulatory Subunit of Dictyostelium cAMP-Dependent Protein Kinase Encoded by  $\lambda$ .gt11 cDNA Clones," *Biochemistry* (1988), 27(1), 481-486.
- Klein, G., J.-B. Martin, and M. Sartre, "Methylenediphosphonate, a Metabolic Poison in Dictyostelium discoideum.  $^{31}\text{P}$  NMR Evidence for Accumulation of Adenosine 5'-( $\beta$ ,  $\gamma$ -Methylenetriphosphate) and Diadenosine 5', 5''-P<sub>1</sub>, P<sub>4</sub>-(P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>-Methylenetetraphosphate)," *Biochemistry* (1988), 27(6), 1897-1901.

续表

Klein, G., D. A. Cotter, J.-B. Martin, M. Bof, and M. Sartre, "Germination of Dictyostelium discoideum Spores. A  $^{31}\text{P}$  NMR Analysis," *Biochemistry* (1988), 27(21), 8199-8203.

图 5-2 概述了范德维尔对样本内部组织的评估<sup>[1]</sup>。他认为

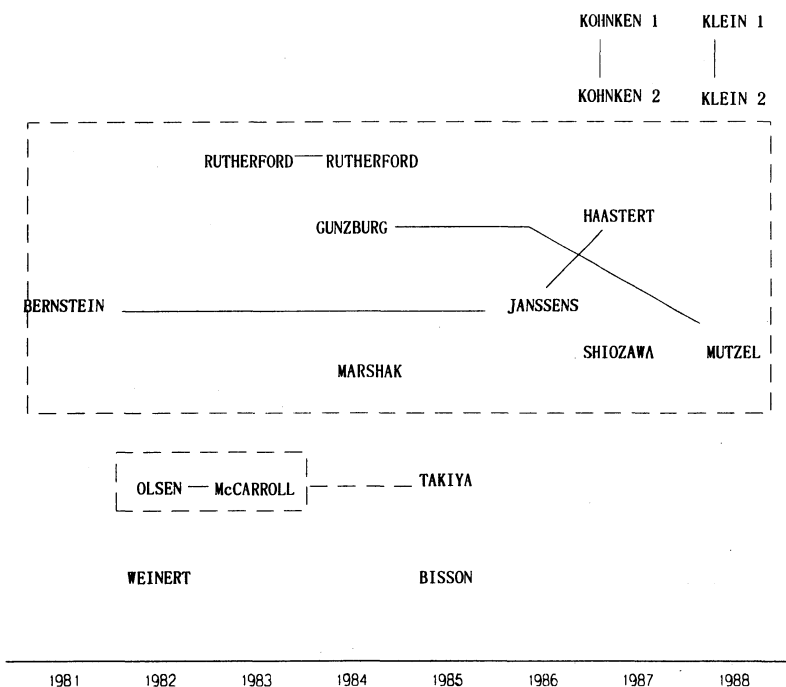


图 5-2 *Dictyostelium discoideum* 的生物化学研究这一专业的  
图示表象(根据 1981—1988 年期间的 18 篇文章操作而成)

9 篇文章对其研究兴趣是最重要的。在这些文章中有两篇是他参与合著的。这 9 篇文章是: Bernstein et al. 1981; Rutherford et al.

[1] 第 7 章和第 8 章也将利用同样这张图。

1983; Rutherford et al. 1984; De Gunzburg et al. 1984; Marshak et al. 1984; Janssens et al. 1986; Van Haastert 1987; Shiozawa et al. 1987; 和 Mutzel et al. 1988。这些研究群体也都是范德维尔所非常熟悉的。

从 *D. discoideum* 的发育生物学的视点来看, 来自丹佛市(科罗拉多州)一个研究单位的两篇文章应该被认为是贡献度很高的; Olsen et al. 1982 文甚至可以认为是这类工作的一篇重要参考文献。McCarroll et al. 1983 文也来自同一个研究群体。其他文章中的一篇(Takiya 等 1985), 是范德维尔所不熟悉的, 它也是研究核苷序列, 因此可以认为是这个子群的部分。

范德维尔认识 Weinert et al. 1982 文的作者之一, 但他仍然感觉, 对这篇文章他只会读摘要, 而且他认为自己永远不太可能引用它。德里勒(Driel)与科恩肯(Kohnken)和伯杰(Berger) 1986 年关于“Discoidin”的两篇文章的关系是一样的: 对摘要有兴趣但是“没有引用关系”, 尽管范德维尔还认识其中一个作者。由于局部性的偶然原因, 对于 Bisson et al. 1985 的文章, 德里勒会读完摘要后接着往下读, 因为阿姆斯特丹实验室的另一部分人正在研究“碳氧化酶细胞色素”, 因此一篇关于 *D. discoideum* 和碳氧化酶细胞色素的文章会被两方面都注意到。Klein et al. 1988 年的两篇文章主要探讨新陈代谢问题, 所以被认为是该领域的一个旁支。

## 第2节 处理

为进行分析, 我又一次只使用了文章的论证部分。除去鸣谢、脚注、标题和副标题后, 剩下的完整句子所包含的所有词都被计数了, 并根据它们出现的小节而组织入一个数据库中。在本分析中, 不包括出现在小节标题中的单词。

除了直接派生于形容词的副词, 所有的副词、数词、代词、“to

be”、“to have”、“may”、“will”、“shall”、“can”等(系词和情态动词)的变位都排除在外。单数和复数当作一个词;比较级和最高级由形容词的基本形式代替。只有当现在时陈述形式和一个相应的名词不会混淆时,动词的各种变位才当作一个词。所有由单字母构成的缩写词都排除在本分析之外。对于高度专业化的名词和形容词,两种词视作一个(例如,“electrophoresis”=“electrophoretic”)。为了限制计算量,在一篇文章中出现了三次或三次以上的词才加以考虑。结果,共有 1287 个词,它们在文献集中出现了 28 422 次。

经过这种处理,形成了一个矩阵,矩阵的列是四个小节,而行是每一篇文章分析部分的词的数量。如前一章所述,以词作为变量对这些矩阵进行了因子分析,以词作为样本对矩阵作了聚类分析。聚类分析主要是用来检查是否有更小的词的聚类的存在,因为它们在因子分析中很可能被忽略,这是由于在样本(小节)的数量只有 4 个的情况下,本征向量的数目被限制为 3 个( $n-1$  个自由度)。

### 第 3 节 结果

根据四个小节的因子分值,按下面的次序对因子进行了归类:在“方法”小节拥有最高值的因子(作为一个潜变量)被称为“方法论的”,在“结果”小节拥有最高载荷的因子称为“观察的”,而在“讨论”小节拥有最高载荷的因子则被称为“理论的”<sup>〔1〕</sup>。如果必要,

---

〔1〕 由于在创建因子时使用了主成分提取法,因此因子的分值不是估计值而是准确值。(SPSS-PC+手册,高级统计学,B-61)

可以根据归类情况调整符号<sup>〔1〕</sup>。表 5-2 给出了一个因子分值的典型例子(例如,Janssens 等 1986)<sup>〔2〕</sup>。

表 5-2 Janssens et al. 1986 文的因子分值

	因子 1(观察的)	因子 2(理论的)	因子 3(方法论的)
引言	-.69373	-.94153	.93929
方法和材料	-.41174	-.30620	<b>-1.40951</b>
结果	<b>1.48498</b>	-.16397	.13393
结论	-.37950	<b>1.41170</b>	.33629

作为将因子归到文章的某个功能的归类准则,我认为除了符号外,一个给定小节的因子分值应该是其他因子分值的 10 倍以上。于是,如果“方法”小节的因子分值是 1.0,则所有其他小节的分值就应该 $<0.1$ 。在那种情况下,这个因子就被指定为方法论的因子。通过使用这个准则,18 篇文章中的 17 篇的因子就能够毫不混淆地归并到三个假定的类中去,所以,可以对因子载荷进行分类,从而使得词的文本和维度间的比较成为可能。

有一种情况,即对于 Van Haastert 1987 年的文章,方法论词的聚类——使用聚类分析可证明其存在——从本征值的角度来看,还不如从词汇集(它显示了这篇论文的理论论据)不同部分的细微结构来看显得重要。产生这种情况的原因是,“方法”小节与其他小节相比非常短;文章的“引言”小节又非常长,在引言中作者回顾了该专业的不同理论立场。很明显,这篇长的概述性的引言所用的词表与“讨论”小节所用的理论性词表之差异要比“引言”小

〔1〕 例如,如果因子解使“方法”小节的因子分值是一个负值,而绝对值 $>1$ ,而其他小节的那个因子全是正的因子分值,则符号属性被认为是因子提取和旋转的结果,那个因子的因子载荷的所有符号都改变了。

〔2〕 也可见第 4 章,第 69 页,脚注〔2〕。

节和“讨论”小节同“方法”小节之间的本征值差异更大。

请注意,这是该文献集中唯一一篇单作者的文章<sup>[1]</sup>。因此,根据词及其分布做进一步的分析时,将范哈斯特尔(Van Haastert)的文章排除掉了。(但是,在第7章和第8章用信息测度值来研究同样这个文献集时,这篇文章将会包括进来。)

被赋予了荷载因子的词清单,可以针对余下的17篇文章的3个维度进行比较,也可针对同一篇文章在几个维度之间进行比较。我们可以考虑将这些因子作为每一篇文章的潜变量,并提出这样的问题:是否在这些文章的每个维度(理论、方法、观察)上都有显著的共性?例如,不是每一篇文章都报道“离心法”,而报道了离心法的文章被期望主要在方法维度上进行报道,而不是在所有维度上都报道。当然,其他一些词可以改变位置,但我们估计只有在稳定的背景下才会发生这种情况。

但是,从经验上来看根本不是这个情况!例如,在我们的样本中有95个是以字母“A”开始的词,其中39个(即,41%)词至少在一篇文章里荷载的因子代表着不同的维度。也是在这三个维度中,出现了各种各样的组合。在不同的文章中,不仅是普通的词,而且重要的词也显示出了因子荷载间的变化。这类词的例子不仅包括“ability”,“absence”,“absorbance”,“acetate”,“acid”,“activate”等,还包括“aggregation”(对*D. discoideum*很典型!),“amoeba”,

---

[1] 从这个文献集中的组织看到的这篇文章的特殊之处,促使我对归一化有了一些思考。当然,人们可以根据每个小节各自的长度(根据词、段落中的句子)轻松地将这四个小节归一化,或者仅仅根据涉及的四个小节的边际加总(margin total)来给最后的矩阵归一化。但是,如果那么做——而且我确实在一些情况下这么做了以研究有什么影响——就失去了一条信息,即,对于不同文章而言三个维度的相对重要性,它可以用因子的本征值来表示。而且,人们无法预先保证,归一化可以将估值偏低的小节提升到如此程度,以致本征值将变成矩阵的三个最重要数值中的一个。实际上,对于偏离常规的范哈斯特尔的文章,归一化之后的因子分值结果比以前更突出,而因子的次序尚未被改变。

“association”, “AMP”和“ATP”。

通过对因子荷载矩阵( $3 \times 17 = 51$  个变量)进行初步的相关性分析和因子分析我们知道,代表方法论维度的因子荷载之间的相关性最高。在这个维度上,文章之间的对应性最高,理论维度排在第二位,观察维度在第三位。这与人们基于第4章的结果做出的估计是一致的:方法获得了最好的定义和编码;人们较容易在理论问题上发生分歧,从而使用的术语也不一样。既然不同的文章研究的是 *D. discoideum* 的不同方面,所以经验性结果按照定义几乎就一定是多种多样的。

简而言之:尽管许多词出现在文本的不同小节,但通过考察词在每一个单篇文章各小节的分布,我发现在前述三个维度中有一个清晰的模式。可是在文献集这个层次,模式就不是很明显:在一篇文章中大量的这些词将根据这三个维度占据一个位置,而在另一篇文章中则占据另一个位置。主要的结论是,维度无法为词模式提供一个稳定的背景,这个模式能用来说明词(的共现)方面的变化。词不仅仅会根据“理论”、“方法”和“观察结果”这些维度改变其位置,而且它们在不同的文章中也显然改变了意思。因此在一篇文章中可识别出的意义编码,如果我们把它推广到更多的文章就行不通,即使只是在一个限定很窄的主题领域亦如此。

这些结果和赫塞(Hesse 1980)提出的关于科学是流动的网络的命题相一致。在一个情境中对一个理论概念有用的词,在另一篇文章的情境中或许被更多地用作一个观察性的词。不仅网络的节点和链接变化了,而且从不同理论视角来看,什么算作一个节点和什么算作一个链接也不尽相同,这些认识还随时间改变。

既然赫塞的这些概念已依据文本元素(尤其是代表理论存在物和谓语的词)被操作化了,我们可以从上面的结果得出结论:这样的变化也出现在科学专业的非常微小的结构中,即,出现在对一个限定的文献集中的文章进行比较的层次上。因此,我们无法区

分,可观察的变化有多少是依赖于个别词由于相对于一个较稳定的背景词表改变位置而带来的变化(“链接”),有多少是依赖于词表本身的改变,即,词表与对现实的描述之联系方式的改变(“节点”)。

## 第4节 结论

在文献集层次上,我们发现词的用法和词的概念都发生了变化。换句话说,在文献集层次上,我们不再能区分词的本义和使用中的意义之变化,不再能区分词的用法的变化与概念外延上的变化。在每一个单篇文章中,词的用法是编码化较强的,因此,看起来总有可能在一个给定文本的上下文中,对主要具有理论意义、方法意义或是观察意义的词做出区分。

但是,分析的目的是产生一个分析框架,以便有可能将文章作为动态分析中的事件加以比较。为此,我对每一篇文章采用了多变量分析方法,将其作为一个观察事例,目的是根据一系列事件来重构“科学的发展”,然后,我们又可能根据特定的维度来比较这些事件。但是,结论只能是这样的:不同的文章从词的角度来说是不可比的。

这些结果说明:玛丽·赫塞的哲学概念适用于以作为语言学构造物的科学为对象的经验研究。网络就其历时发展而言,就其在每一时刻视角的变换而言,都是畅流的。尽管赫塞网络中的“节点”和“链接”具有不同的认识论地位,但它们可以随其在文本中的功能而改变位置。具有讽刺意味的是,前一章的结论,即理论的词和观察的词在单篇文章(知识主张)的层次上可根据共词模式区分开来,但这一结论在文献集(代表着话语)层次上却不再有效。

注意,我们所研究的文献集是高度限定的;可是这个集合从词的用法上说并未编码化。在文献集层次上词用法的分布包含一个



可观的“文本间”互作用效应,或者,用更技术性的术语来表达,存在着作为集总效应的群组间变异。

## 第5节 使用词典建造人工智能的后果

将表象上相似的词或其他文本信号都归入关键词,这一做法其实就假定了有关概念之意义的稳定性。对于从科学文章间的(共)词关系产生出人工智能的任务,本章考察内容的一个重要启示是,同陈述性知识工程、词表编撰和标引工作经常假定的概念稳定性相比较<sup>[1]</sup>,词相对于文本的概念稳定性的假设更成问题。

认识网络(在其间节点和链接可以改变位置)的流动性是到处渗透的,它可以在词共现的基础上颠覆任何知识表述。储藏在知识库(例如,存档的文献)中的数据与推理机之间的通常区分,在科学上是成问题的,因为只要选择了一个理论视角,不仅各种数据的相对权重会改变,而且“游戏规则”也会受到影响。科学不是干草机,根据标准的程序来收集事实,而是要发展概念工具的。因此,(共)词被嵌入变化的上下文中。基于文本出现(共现)分析的陈述性知识表述不能说明不同集总层次上的科学动力学。

(文玲艺 译)

---

[1] 所谓“标引者效应”的第三个方面在这些结果的基础上可以被解释清楚了。请注意三点:(1)以前提到过的将数据库装入索引(Leydesdorff 1989b)——人们创造了最初的(多半是直觉的)分类,因此任何进一步的聚类按照定义就都是“聚类的聚类”;(2)标引者自身不是实践科学家所带来的影响(Healey 等 1986);(3)在集总的文献集层次上,文献的选择又产生了进一步的影响:表象上相似的词在不同的时刻、从不同的理论视点来看也许有着不同的意义,但也不一定。

## 第 6 章

### 从词和共词到信息和概率熵

前面几章依据词的分布对科学文本进行了分析,由此产生的问题是,这些频度分布在不同的集总层次上告诉了我们什么,以及在不同的观测时刻它们的相互关系是怎样的。我们发现既存在稳定性也有变化。有一点已经很清楚,由于变量的类别和数值存在变动,不能将正在变化的这个东西简单地视为两个测量点间的“数据差”来进行分析。不但词的分布在变化,而且词的意义也许也在变化。

这两类变化涉及到不同的理论。早在 1955 年,巴-希勒尔 (Bar-Hillel) 就已探讨了信息积分存在的可能性。信息积分可使我们理解词的出现的统计学解释以及它们在一项研究设计中的意义。在本章里,我将讨论信息积分这个抽象概念和文本中词的出现之间的关系。

#### 第 1 节 指标揭示了什么

统计解释在非常基本的意义上告诉我们,文本是在(共)词的层次上定义的一个信号系统。对这个信号系统的研究也可以在字符的层次上进行(参见 Shannon 1948),但在科学元勘中人们具有充足的理由认为,应根据词的出现频度来研究集总过程以及网络的动态模式(Hesse 1980;另参见第 4 章)。

巴-希勒尔(Bar-Hillel 1955)在其著名的研究中提出,一个文本中最小的意义单位是句子而不是词。他认为“半截的句子通常没有意义”。因此,他建议研究句子中的词。词在句子中由于出现位置或论证功能等的不同而可能具有不同涵义。然而,句子是文献结构的一部分。在这一情境中,观察单位仍可以是词,但分析单位(从而被研究的假设系统)是不同的。一个词在一个句子中的出现将不再被认为是该词作为一个名义变量的实例,而是被当成另一类变量的实例,不过首先得根据某种关于句中词的理论来规定这个类别。在共词分析模型中研究者通常对文本中词的出现感兴趣,而后一种理论则涉及语言使用者的意义结构。

像巴-希勒尔这样的作者所提出的评价词的出现频度的方案将不同于共词分析人员所提出的方案:在某个根据意义(例如,同义词)来评价词的出现频度的方案中,两个不同的词可能是同一个变量的实例,而同一个词在两个不同实例中可能会按不同的变量来评价(例如,由于在句子中位置的不同)。一般而言,采用不同理论的研究者完全可能由相同的数据资料得出两种(或更多种)不同的相对频度分布。这两种测度为我们揭示了被研究问题的其他维度。

就方法论而言,这是关键的一步:理论假设有可能完全不一样,但在每种假设情况下,其结果都可以用一个相对频度分布来表示。无论哪种情况,分析人员都可以断定某事(其相关性可根据他们各自对应的理论来确定)是否为事实;是否已经发生;或者是否预期会发生。他们的经验研究结果可以作为形式表象进行比较。形式表象总是可以被改写为一个(可能是多变量的)概率分布。

归纳起来,理论对我们收集数据资料 and 提供对结果的解释均有指导作用。虽然理论与理论之间可能互不相容,但测度结果之间并不一定是不可比的。相反,互不兼容的理论在测度方面并不一定会相互冲突;当研究者对同一问题进行不同维度的研究时,

他有可能得到多个结果间的共有信息或者协方差<sup>〔1〕</sup>。

## 第2节 科学元勘的理论和方法

在对科学的定量研究中,人们常常谈到,需要从科学的结构单位的角度,从各种维度出发来进行理论规范(例如,Small等1985; Mullins等1988),但是这些结构单位几乎从没有被给以象样的理论考量。长期以来重点一直放在数据资料的组织、多变量分析的各种方法以及研究结果的图形表现(“图示法”)方面。研究课题和对统计方法(例如相似性准则和聚类算法)的不同参数的选择之间的关系,却常常未被讨论。因此,往往就强化了将方法当作一种神奇的工具箱这样一种观点。

然而,所有的相对频度分布都是被研究问题的理论假定(有时候是隐含假定)的结果。每一次重构都包含了理论假设,虽然这些假设在一直被运用的过程中可能从未获得过深刻反思。例如,某个共词图示可被认为是某一科学领域的表象。然而,该表象所表现的科学领域是外在于表象本身的另一个事物。多重表象是可能的。就科学计量图示法而言,相似性准则和聚类算法跨越了可能的多种表象的参数空间。

研究者必须首先假定某一研究领域的存在,然后才谈得上对图示法中的表象的理解欣赏。于是,我们又回到一个老问题上来,即如何弥合科学元勘中的定性理论思路和科学计量学方法的运用二者之间的隔阂。我个人的意见是,进一步的综合只有用自反的方式才能发生:方法论学者不应认为他们的方法从理论上说是内容无涉的,不需要进一步证明的,而理论家则不应将方法和方法论看成是游离于理论大业之外的工具箱。方法包含了关于推论质量

---

〔1〕 虽然定义不同,共有信息和协方差都是对共变的非确定性的测度。

的自反性的内核,因此也包含着理论陈述的可靠性。

方法论反思有助于对以下问题的实质性理解,即每一类具体贡献相对于被研究的问题该怎么评价:从已有的各种视角来看,有多少变化是可以解释的?哪部分变化是可以解释的?在一种或者另一种理论之间做非此即彼的纲领性选择,就偏离了跨学科性的目标。理论思考在研究课题的产生和对研究结果的理解方面对我们有指导作用,而方法论则集中关注有效性问题。

### 第3节 科学元勘的方法论要求

通过上述考量,我们可以罗列出为了将科学元勘发展成一个更加一体化的事业而带来的方法论要求。“二级处理”的方法应使我们不仅可以比较这种或那种模型下的观察结果与期望结果,而且还可以比较不同表象。正像前面所提到的,方法通常是针对特定的理论目的而建立的。然而,所有理论模型不过是有知识依据的猜想。对于研究的(可能是不相容的)重构,是否可能建立起内容无涉的方法呢?理论对于数据收集的启发功能和对于解释经验研究的理解功能是否可以从处于数据收集与结果解释这二者之间的正规数据分析中自反地分解出来呢?

此外,这类内容无涉的方法应使我们可以随集总层次、测度等级以及相关变量的不同而改变。如前所述,其他相关变量的确定或许就隐含了这样的要求:将相同数据归并于其他可能的分析单位,或是对于相同分析单位增加其他数据资料。在后一种情况下,所用方法应能使我们确定由此获得信息的增加量。在面临其他分析单位的情况下,所用方法应能够使我们利用以前收集的数据资料 and 数据分析进行二次分析。只有在后面这种要求保证能被满足的条件下,研究者才可能将出于其他(例如,政策)原因而进行的许

多案例研究所产生的数据资料利用起来<sup>〔1〕</sup>。

总之,现在我们可以规定,科学元勘的方法应满足下述要求:

(1)方法应允许研究人员积极地从其他类型的研究中引进数据和结果(例如,描述、事实、趋势曲线)。这也许可以被称作二次分析要求。数据分析应该可以支持科学元勘所采用的各种范式间的转译。

(2)方法应允许不同的理论和方法来利用相同或者相似的数据资料。因此,对于研究过程的要求是比较宽松的而不是硬性规定的<sup>〔2〕</sup>。这也许可以称为多重范式要求。

除了上述两种要求外,我们还可规定:

(3)集总和解解的要求。方法应能允许我们控制对比不同集总层次之间的关系。

然而,最后这点要求不仅仅指在一个维度上改变集总层次。在经验性科学元勘中,例如,研究者可能希望将关于领域层次上的文献结构(例如,期刊结构)的发展的信息导入专注于社会组织层次(例如,机构的组织)上的过程的某个项目设计之中。因此,不同集总层次上的分析单位是异质性的。于是,这就导致了包含了上述所有要求的第四个要求,也就是说:

(4)“异质性嵌套”要求(Callon 等 1983)。

此外,既然我们要给历史性和探索性研究留出位置,我们就不要要求自己的测度比名义测度更精确。尽管描述是一项最起码的要求,但更精确的测度通常还是可能的<sup>〔3〕</sup>。例如,在某项集总研

---

〔1〕 这对科学计量学而言是一个紧迫的问题,指标性研究工作常常不缺合同资金,而基础研究的数据收集通常太过昂贵。

〔2〕 当然,如果某人希望采用某种特殊方法,就应做到正确使用该方法。

〔3〕 我个人的意见是,只有那些至少涉及最低测度等级(即按名义分类进行描述)的工作,才能视作经验性科学元勘的一部分。注意,如采用该准则,则哲学成果对经验性科学元勘也是有意义的。

究中,研究者也许不仅能够认定某事物是否是这样,而且也能够弄清其发生的频率。于是,名义实例的数量便可以按一定的时间间隔给以计数,等等。

有的研究者希望能够将通过更准确的测度而得到的深层次信息给利用起来。因此,除了上述规定的要求外,现在我们或许可以规定,科学元勘中更加综合的方法应满足第(5)条准则,即对于测度技巧的宽松要求:

(5)方法应允许观察测度等级的变化,但应能保存从更高级测度中得到的任何附加信息。测度等级的中性要求从技术上来说,就是要求非参数方法。

实际上,由于科学计量学数据的分布常常是偏斜的,使用非参数统计方法对科学计量学数据的导入也很方便。然而,大多数多变量统计是建立在对分布形状(例如,正态分布)的假设上,因此,对于我们物色的方法,也不妨额外增加如下要求:

(6)多变量统计要求,也就是说,科学元勘方法应允许我们针对既可以进行合并也可以进行分解的数据集,建立与聚类算法等方法等效的非参数方法。高层次结果应根据低层次结果进行解释,反之亦然。

此外,研究者不仅对这些复杂数据结构在每一时刻的状况感兴趣,而且也应对其历时发展有兴趣。因此,科学元勘方法除了向我们提供一个与“多变量分析”充分等效的手段外,还应向我们提供研究时间序列数据的可能性,以进行预测和重构。这就使我们又形成了两条进一步的要求。

(7)动态分析要求,也就是,方法应允许我们不仅可以在每个时刻对(多变量)数据进行切片分析,而且还可以从与全局发展的关系入手,系统地解释各个维度的变化。

(8)重构要求,即,方法应让我们不仅可以进行动态和多元变量分析,也可研究(可能是多变量的)时间序列数据的不可逆变迁

(参见 Arthur 1988)。注意,无论研究者分析的是历史性描述还是多变量数据集,本要求均成立。

最后,针对数据资料,我们也许可以制订一条适用于科学元勘范畴特性的准则:

(9)既然方法允许我们在集总和分解的层次上研究复杂现象和/或大型共同体和文献档案,因此产生了对变量数目几乎无系统限制的要求。

方法最好不仅能满足这些准则中的一条或几条,而且应能使分析人员对各种研究(这些研究需要满足上述准则中的某几条)结果进行综合。因此,方法应在原则上遵从上述所有要求。换句话说,一种类型的分析应能根据可明确规定的转换手段与另一类分析系统发生关联。

在这一方面,香农(Shannon 1948)的经典信息论会有所帮助。某个分布的信息量的期望值首先应是非参数的,内容无涉的,可按统计测度和动态测度来定义的。泰尔(Theil 1972)已就多层次和多变量的情形进一步改进了香农的公式(另参见 Krippendorff 1986)。然而,目前我的观点并不是说,信息论便是向我们提供了遵从上述所有准则的唯一方法,而是说,信息积分是能达到此目的的一种有效方法。为了展示该思路的成效,在下面几章中这种方法将被试用于科学元勘的众多问题。

## 第4节 总结和结论

弥平定性理论探讨和科学计量学方法之运用之间的差距只是科学元勘的进一步整合所需满足的一系列要求中的一项。在前面几章中,我将科学元勘的整合问题作为一个方法论问题进行了详细阐述。我举的例子是,在语义学传统中,通过词的出现频度来测度“意义”,在符号学传统中,则是测度词的分布。通过这样的例



子,我在本章中指出了在科学元勘中如何将数据所具有的不同意义相互联系起来。

尽管在理论层次和方法论层次上存在显著差异,以整合为目标的科学元勘方法的一套准则是可以被建立起来的。通过深入反思某些方法论问题以及与数据类型相关的问题,还可为此目的制订更多的准则。

在信息论中,信息在形式上等于概率熵。在科学计量学中,将这些测度用作整合工具就与潜在自组织系统的耗散理论(例如, Smolensky 1986; Swanson 1989; Leydesdorff 1994b)发生了关系。科学计量学指标为我们提供了一个丰富的畴域,在这里可以根据复杂的纵向数据来测试关于文化进化动力学的假说(参见 Van Raan 1991)。然而,信息与熵系统理论的关系的详细阐述将被延续到本书的最后几章。我首先将集中讨论把信息论用作数据分析方法的问题。

(刘 姪 译)

## 第二部分

# 利用信息论进行 方法论研究

## 第 7 章

### 静态模型

在以下的两章中,我将表明:分布的期望信息量为我们开发科学发展的静态模型和动态模型,提供了一个直接的手段。在本章中我要分析,对一个指标(变量)的知识会怎样减少我们对其他指标的预测的不确定性,以及怎样评估不同集总层次间的关系。在第二项研究中,我要处理利用指标及其相互关系进行历时重构的问题。在后面几章中,我将回到预测问题上来。

模型研究是建立在第 5 章所述的那 18 篇文章中的词出现频度的基础上。同上一章一样,词的出现将被用作名义变量。通过使用文章的序号和每篇文章各小节的组成,模型可以推广到多变量的情形。因此,对任何指标或者变量都可以按照它相对于其他指标的有效性,按照其预测价值进行评估。

#### 第 1 节 信息测度

例如,如果我们把  $h$  定义为一个事件发生了这一讯息的信息量,例如,一个变量有了一个具体的取值,那么变量分布的期望信息量可以写作:

$$H = \sum_i p_i h_i \quad (7.1)$$

其中  $h_i$  是当变量以这个值发生时该事件的期望信息,  $p_i$  是那个

事件发生的概率。使用香农的信息函数<sup>[1]</sup> ( $h_i = -^2\log p_i$ ), 我们可以写作:

$$H = - \sum_i p_i^2 \log p_i \quad (7.2)$$

(二进制底的使用允许我们用比特来表示信息)在涉及频度和相关频度时,  $p_i$  可以用  $f_i/n$  来代替, 我们推导出:

$$H = ^2\log n - (1/n) \sum_i f_i^2 \log f_i \quad (7.3)$$

引自文献 Attneave(1959) 的图 7-1 显示了两个变量间的预测关系。

$$H(x|y) = H(x, y) - H(y) \quad (7.4)$$

$$T(x, y) = H(x) - H(x|y) \quad (7.5)$$

如果已知  $y$ ,  $H(x|y)$  是在对  $x$  的预测中的不确定性(以信息的比特数表示);  $T(x, y)$  是  $x$  和  $y$  的“交互信息”, 有时也叫做“传递”, 即已知  $y$  的情况下, 在对  $x$  的预测中不确定性的减少量。因此  $T(x, y)/H(x)$  是已知  $y$ , 在对  $x$  的预测中不确定性的减少所占的比例,  $H(x, y)/H(x)$  是剩余的不确定性所占的比例。  $T(x, y)/H(x)$  也可以是  $x$  和  $y$  之间关联程度的测度, 在某种意义上它相当于卡方, 但是在  $x$  和  $y$  之间是不对称的。

通过详细阐述这些测度, 我将在以下几章讨论对科学元勘至关重要的几个问题。我的总的观点是: 科学元勘——作为一个有各种各样的认识论和方法论标准的学科间领域——可以从这些测度中获益匪浅: 这些测度对测度要求几乎没提出任何限制(除非在名义层次上), 也没有对变量数目的限制(因为不需要大型机的运算或者复杂的统计软件包), 而且它们对于集总层次是极端灵活的, 因为它们是以加法构成的 ( $\sum s$ )。

---

[1] 一则讯息依据该讯息到达之前居支配地位的概率  $p$  所接收到的信息(以比特为单位), 等于  $-^2\log p$  (Shannon 1948; Theil 1972)。

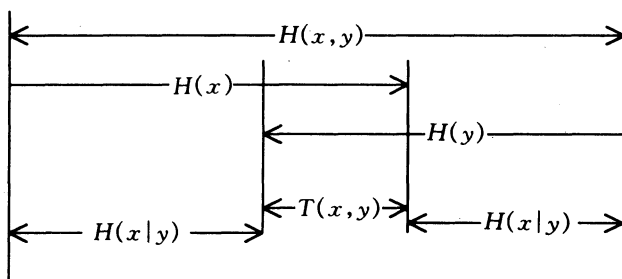


图 7-1 两变量  $x$  和  $y$  之间的期望信息量、交互信息和条件熵之间的关系(来源:Attneave 1959)

一旦人们能够通过科学文本中可观察到的事物或可归结于科学文本的事物来说明科学及科学进步等等概念,那么就有可能进行范围更加宽广的研究和设计。无论我们是关注词、经费、引文、逻辑推理、课题转换或是内容分析的结论,我们都可以:(1)评估集总层次上各种变量之间的关系(本章);(2)通过简单计数特定的名义变量的出现,来重构科学的发展;(3)预测这些变量在新事件中的出现概率。

换句话说,这种方法对于定性问题的理论化操作是内容无涉的(为什么是这个变量?),或者说,在建立专家系统的情况下,对于决策准则的确定(为什么使用这个指标?)和计数机器的技术性能也是内容无涉的:例如,单词出现次数的计数比逻辑推理的计数要容易。这个方法是数据分析的工具,它能告知我们包含在数据中的信息。而且信息测度值的可加性使我们能够使用新的经验数据来改进过去已经计数(测度)的东西,例如在《科学引文索引》及其他类似数据库中存储的数据。

## 第2节 样本选择

如上所述,这个模型研究和第5章一样,是以18篇论文中的词出现频度为基础的。如第5章所述,经过处理的最后结果是,总共1287个单词,在文献集中出现28 422次。每篇论文包含4节(“引言”、“方法和材料”、“结果”以及“讨论”)(关于18篇论文,参见表5-1)。

这个样本可以表现为由词、小节、文章构成的三维空间中的变动立方体(参见图7-2),它包含 $10^5$ 数量级的单元(也就是18篇论文 $\times$ 4节 $\times$ 约1300个词)。人们会估计到,这些单元中压倒多数的单元是空的。

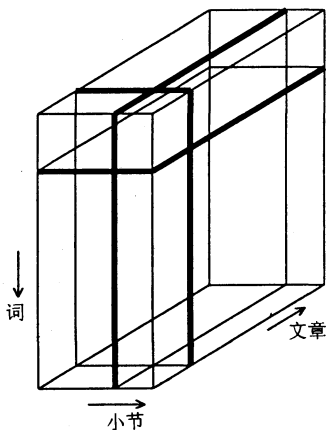


图7-2 包含出现28 422次的1287个单词,分4个小节的18篇论文之间的关系示意图

### 第3节 结果

我将用小节(section)这个词中的字母 s, 用文章(article)中的 a, 用单词(word)中的 w 分别作为与这些维度有关的期望信息量  $H$  的下标。注意, 除非另有说明, 变量的相对频度分布是相对于整个集合, 即 28 422 这一词出现总次数来定义的。因此  $H(w)$  应该解释为在领域层次上的单词分布, 也就是本专业的单词一览表。 $H(w)$  不应该与论文或者小节内部的单词分布相混淆。后者用另外的下标表示。

#### 1. 论文和整个样本集合之间的关系

这些论文的集合可以被看作是 D. discoideum 研究这一专业领域的操作化过程, 未明言的是从 1981 年到 1988 年这一时间序列的概念, 每一篇论文对该领域都有一定的贡献(参见图 5-2)。从而我们可以计算出在多大的程度上, 可以根据整个领域的词的分布, 对词在论文中的分布进行预测, 反之亦然。在科学发展模型细化的过程中, 这样的知识可能对说明这两个层次的依赖方向有作用。

在图 7-2 的  $y$ - $z$  平面上, 小节与边际加总构成的矩阵包含了每一文章中每个词出现的总次数。18 篇论文对 1287 个单词的矩阵的最大信息量可以用下式表示:

$$H(\max) = {}^2\log 18 + {}^2\log 1287 = 4.17 + 10.33 = 14.50(\text{比特})$$

实际上, 我们发现:

$$\begin{aligned} H(w, a) &= H(a) + H(w|a) \\ &= (4.10 + 6.85)(\text{比特}) \end{aligned}$$

或者相当于:

$$H(w, a) = H(w) + H(a|w)$$

$$= 9.07 + 1.87 = 10.94 (\text{比特})$$

这只有最大信息量的 75.4%。

根据这些不同的熵值,现在我们可以给定整个集合中的词分布的先验知识的情况下,计算出(利用上述的 7.4 和式 7.5)对论文中词出现率的预测值之不确定性的减少量,反之亦然。前者减少量是:

$$\frac{T(a, w)}{H(a)} = \frac{H(a) - H(a|w)}{H(a)} = \frac{4.10 - 1.87}{4.10} = 54.4\%$$

后者是:

$$\frac{T(a, w)}{H(w)} = \frac{H(w) - H(w|a)}{H(w)} = \frac{9.07 - 6.85}{9.07} = 24.4\%$$

因此我们可以得出结论说,根据集总层次上的词频分布对文章中的词频分布进行预测,预测程度要比反向的过程好 2 倍以上。假定我们接受以词频作为科学论文和科学专业之间的传输媒介,则上述结论将直接否定“微观建构论者”在科学元勘中做的假设,即要求用个体的行为来说明集总的结构,而不是相反。

## 2. 传输维度

当我们考虑“论文”小节部分的精细结构时,关于专业和论文层次之间关系的一个新问题就产生了。就论文和学科领域之间的耦合机制而论,各种小节的功能是什么呢?“方法和材料”小节中的词所带来的传输与“讨论”或者“结果”中的词带来的传输不一样吗?这些问题的答案可以使我们进一步了解一个特定专业的结构:哪些维度更多地是领域层次所决定的,哪些维度更容易被个别文章的贡献所解构和重构。

依据图 7-2 的立方体,计算类似于先前的计算,然而这次利用了沿着  $y-z$  平面对应各个小节的每一细条,而不是在各小节间词出现频度的边际加总。计算结果概括于表 7-1。



表 7-1 分解为小节层次的以比特为单位的熵值

	$H_a$	$H_w$	$H_{a w}$	$H_{w a}$	$N$
引言	4.06	8.21	1.38	5.52	2,568
方法	3.90	8.31	1.84	6.25	6,095
结果	4.05	8.78	1.63	6.36	12,448
讨论	3.96	8.74	1.45	6.22	7,311
平均	4.00	8.61	1.60	6.22	
全文	4.10	9.07	1.87	6.85	28 422

像预期的那样,在两个维度上,小节的熵值都比全文的熵值低,因为除了群组内的熵之外,在小节之间还应该有一些熵<sup>[1]</sup>。然而后者,无论在论文层次上,还是在学科领域层次上,数值都较小。

$$\frac{H(a) - H(a|s)}{H(a)} = \frac{4.10 - 4.00}{4.10} = 2.4\%$$

$$\frac{H(w) - H(w|s)}{H(w)} = \frac{9.07 - 8.61}{9.07} = 5.0\%$$

然而,如果我们考虑进小节结构的平均值,则领域层次的词分布和论文层次的词分布之间的传输( $T(w, a|s)$ )从 2.23 比特增加到 2.40 比特,增加了 7.6%。

这意味着什么呢?首先,小节之间的低熵值支持第 4 章得出的结论,即论文中的小节结构拥有较多信息;相对于领域,每一节的词分布包含的(未加权的)信息,同整篇论文所包含的信息几乎一样多。在学科领域的层次上,在不同论文间的小节之间有更多交流,导致了学科领域的条件熵是论文熵的 2 倍(5.0%:2.4%)。

---

[1]  $H = H_0 + \sum_i Q_i H_i$ , 在这里  $Q_i$  是每小节的熵所做贡献的权重,  $H_0$  是小节间的熵值。

对小节的四维结构中领域和论文之间的耦合之进一步探讨揭示出,引言小节在这两个层次之间起了最重要的传递者的作用(或者信息交换者的作用)。(还记得,我们通过判别分析,在图 4-6 中发现了引言小节的句子的中介性位置。)如果我们知道在领域层次上引言小节的词的分布,对引言中词的用法的预测的不确定度就减少了 66.0%,而方法小节的对应值仅仅是 52.8%(参见表 7-2)。换句话说,依据词出现频度来计算的论文和领域之间的耦合,在方法小节是最弱的:如果我们使用词出现频度作为测度,则与其说本样本是依据方法来整合的,还不如说是依据理论来整合的。

表 7-2 预测不确定性的减少量,按不同的小节,以百分比表示

	a w	w a
引言	66.0	32.8
方法	52.8	24.8
结果	59.8	27.6
讨论	63.4	28.8
全文	54.4	24.4

由此表,我们可以进一步得出结论说,在每一小节中传递量占总变化量的百分比,在两个方向上都比整篇文章中的词频分布要高。部分传递只涉及特定的小节。然而,除引言外,这个效应对于从领域层次到论文层次的传递比反向的传递要大得多。每篇论文的引言对于学科领域的词汇一览表的积极贡献,也比其他小节要大。

这一结果和我们对领域层次和论文层次之间关系的直觉理解是一致的。在“引言”小节和在重要性次一些的最后的“讨论”小节,人们期望作者会从本专业的当前问题出发有意识地为自己所做的工作辩解,从而提供了在论文和领域之间的强耦合。这个影响在下述意义上是相互的:作者既要根据本领域的方向调整自己,

又要通过自己有意图的择词来显示出他们正是这样做的。

在“方法和材料”小节,人们期望的学科领域或者专业层次的编码化程度要高得多,即人们期望该论文的词汇是从本专业的词汇中取出的。然而,这不一定是本专业的主题范围这一狭窄意义上的领域词汇。在取样中,我们关注的主题内容是 *D. discoideum*,而不管研究者用的是什么生化方法,并且这也许可以导致在这个维度上传递量较小。然而一般而言,我们可以结论说,按照我们先前对小节的不同维度特性的考虑,词模式关系的动态趋势在相当大的程度上是依小节而异的。在下一章,我将回过头来,依据各自的动态趋势,讨论这些不同功能。

## 第4节 三维推广

在前一节中,我再三讲述了对每一维的运算,然后比较了总熵值和组内平均熵值。解决这个问题一个更直接的进路,就是将它推广到三维空间,如图 7-2 的立方体所示。虽然推广后的结果基本上保持一致,但如果我们想将分析拓展到三维以上,例如包括更多的集总层次,那么,这一推广对于解释的清晰性就变得尤有帮助。

到目前为止,我们考察的三个维度是:领域层次上的词( $w$ )的一览表,它包含 1287 个词( $n=1, \dots, 1287$ );每篇论文的 4 个小节( $s$ );以及 18 篇论文( $a$ )。我将论文  $a$  在小节  $s$  中的词  $w$  的出现次数记作  $Q_{wsa}$ ,其单位为占词出现总次数( $N=28\ 422$ )的百分比。

例如,人们可以做这样的计算:在领域层次上一个随机选择的词的出现的 uncertainty 有多大;了解了该词在 4 小节和/或 18 篇文章中的出现频度后,上述 uncertainty 减小多少。另外,人们可以计算,关于词在论文中的分布之信息,能将一个给定词在某一论文中是否出现的 uncertainty 给减小多少。

在获得关于哪些词比较要紧的知识之前,人们对文章之间关系的了解有一不确定性,该不确定性的一个量度,是依据每篇文章中词的总数算出的,论文的(一维)边际熵:

$$H(a) = - \sum_{a=1}^{18} Q_{\dots a} \log Q_{\dots a}$$

(习惯上用小数表示边际总计)

因为有 18 种可能性,这一熵可以取在 0 和最大值 $^2\log 18 = 4.17$  之间的值。它的实际值可以计算出为:

$$H(a) = 4.10$$

这是相对于论文的所有词的分布之不确定性的上限。显而易见,这个分布几乎是随机的: 4.10 是 4.17<sup>[1]</sup> 的 98.3%。

当我们知道领域词汇一览表中的哪些词出现了,出现在哪些小节时,我们可以凭以下熵值来减少这个不确定性,显然:

—— $H(a|w)$  如果我们已知相对于领域的词的分布;

—— $H(a|s)$  如果我们已知文本是怎样组织为诸小节的;

—— $H(a|w,s)$  如果我们已知以上两者。

不须在给定第二维的情况下计算每个维的条件熵,然后如前一节所示——针对第三维求平均值,现在我们可以直接地计算两个给定分布对第三维的不确定性的共同贡献,利用公式(Theil 1972, 第 157 页之后):

$$H(x|y,z) = H(x,y,z) - H(y,z)$$

---

[1] 在其他两维上也可以做同样的计算:对于领域层次上的词,最大熵是 $^2\log 1287 = 10.33$  比特,对于小节是 $^2\log 4 = 2$  比特。根据边际分布 9.07(=87.8%)和 1.83(=91.6%)这两个熵值可以分别算出。因此我们可以做出结论:仅看边际分布对不确定性的减少量,在领域维度上是最大的,也就是说,当我们只知词汇一览表中的词时,小节维度上的不确定性减少量居其次,而相对于文章而言词频的分布(不管涉及的是哪些词)几乎是随机的。

表 7-3 三维上的熵和条件熵

(单位:比特)

	$H(a)$	$H(w)$	$H(s)$
给定:	1.81	4.10	9.07
小节		4.00	8.61
文章	1.71	6.85	
词	1.36	1.87	
$a, w$	1.09		
$s, w$		1.61	
$a, s$			6.23

表 7-3 给出了对于所有相关分布的  $H$  的比特值;表 7-4 是可以根据前表算出的各种传递的百分比。在解释这些时,人们应该牢记在心,即在  $w$  维上,我们考察的是领域层次的 1287 个词,也就是作为领域变量的词汇一览表。

表 7-4 三维之间传递值的百分比

	$T(s)$	$T(a)$	$T(w)$
给定:			
小节		2.4	5.1
文章	5.5		24.5
词	24.9	54.4	
$a, w$	39.8		
$s, w$		60.7	
$a, s$			31.3

首先注意,如果既知道了相对于领域的词分布(词汇一览表),又知道了相对于小节的词出现频度的分布“组织”,就能使对论文中词出现频度的预测的不确定性减少 60.7% (参见表 7-4)。另一

方面,知道了相对于论文和小节的词频分布,只能使对领域层次上的词分布的预测之不确定性减少 31.3% (几乎只达到前者的一半)。一般而言,领域层次上的知识对于其他两个维度上的分布的预测力,要大于反过来的情形。

其次,如前所述,如果一头是小节,另一头是论文和领域,则这两头之间的耦合在这一方向上几乎不存在(分别为 2.4% 和 5.1%)。然而小节层次上的分布对领域层次分布的依赖性并没有消失(24.9%),这表明领域在相当程度上绕过了论文层次而决定着论文的小节之组织。这再一次证实,词组织为小节这一过程,实际上构成了一个单独的维度。

关于对表 7-3 和表 7-4 的解释,我们还有更多的话可说。例如,人们也能计算偏熵的减小,举例来说,  $\{H(a|s) - H(a|s, w)\}$  刚好是  $4.00 - 1.61 = 2.39$  比特,这就是在小节的分布已知的情况下,由于了解了领域层次上的词分布而导致的对论文中词分布之预测的不确定性的逐渐降低。因为熵具有可加性,偏熵减少导致的传递值百分比,也可直接由减法和加法得出。

我们按照词分布分析了论文,其中考虑了小节划分的因素(做是将下一个较高的集总层次——文章集合或“领域”纳入分析)。做完这些后,我们获得了什么? 收获相当大:2.39 比特是  $H(a)$  的 4.10 比特的 58.3%;因此,通过这样做,我们已经将对论文中词出现频度之预测的不确定性减少了一半以上。重大含意在于,如果不考虑文献集的情境,则比较两个文本中的词出现频度就没什么意义。

## 第 5 节 集总问题

现在让我们按照小节中的词频分布来比较论文和论文集合,以此来讨论分析层次间的关系问题。换句话说,我们将按照作为

子群的每篇文章的贡献来分解领域层次的词汇一览表,并将研究结果与另一项研究的结果相比较,在另一项研究中,我们还考虑了小节划分的中间层次。

回忆一下, $H(w)$ ——“词汇一览表”或者在较高集总层次上的词出现频度的分布——是 9.07 比特。对于这个熵值<sup>[1]</sup>,18 篇论文中的每一篇都贡献了相应的份额:

$$H(w) = H_0 + \sum_{i=1}^{18} (n_i/N) H(w)_i$$

对 18 篇论文中的每一篇,我们可以计算出词的单变量分布  $H(w)_i$ ,并且通过使用在每篇论文中的词出现次数与词出现总次数(28 422)之比,我们可以计算出一个  $H(w)_i$  加权平均值,用  $\sum_{i=1}^{18} (n_i/N)$  当作加权系数。那么  $H_0$  是领域词汇一览表的一部分,它不能分解成每篇论文的贡献;它是词汇一览表中的“文章间”部分。

然而,我们还可以按照每篇文章自身对词汇一览表的贡献来研究每一论文。在这里, $H(w)$ 已知是 9.07 比特,而  $H(w|a)$ 在上文已计算过(表 7-3)是 6.85 比特;因此词汇的“文章间”部分构成了 2.22 比特,即领域层次上词汇的 24.5%。18 篇论文的每一篇对词汇所做贡献的精确份额可以用下式计算:

$$\frac{n_i \cdot H(w)_i}{N \cdot H(w)} \times 100\%$$

这就导致表 7-5。

[1] 由于熵是可加的,所以加权平均值是适当的。(Theil 1972,第 18 页)

表 7-5 每篇论文词汇表对于专业词汇表的贡献

文章	$H(w)_i$	贡献百分比(%)
1. (BE81)	5.85	2.0 *
2. (OL82)	6.89	3.9
3. (WE82)	6.91	4.0
4. (RU83)	7.16	5.6
5. (MC83)	7.23	4.6
6. (RU84)	6.79	4.2
7. (GU84)	6.92	5.6
8. (MA84)	7.22	5.9
9. (TA85)	6.16	4.2
10. (BI85)	7.54	5.3
11. (JA86)	6.47	3.9
12. (HA87)	5.94	2.9
13. (SH87)	6.96	5.6
14. (KO187)	7.29	6.5
15. (KO287)	6.86	5.0
16. (MU88)	6.69	3.0
17. (KL188)	6.24	1.9 *
18. (KL288)	6.36	1.7 *
平均	6.85	75.5
	平均	4.2
	标准偏差	1.4

显然,带星号的第一篇文章( Bernstein 等 1981)及最后两篇文章( Klein 等 1988a;1988b)的贡献显著地小于对该领域词汇之贡献的平均值<sup>[1]</sup>,这也许与它们的篇幅短小有关(见第 5 章的讨

〔1〕 由于人们期望这个贡献是正态分布,在这种情况下计算出标准差是合理的。



论),或者是因为它们偏离中心的位置(参见图 5-2),或者是这两个因素之间的交互作用。

在集总层次的熵总是比较低层次的平均熵值要高,除非较低层次(文章)上的所有单元恰好拥有完全相同的熵,在本例中指拥有相同的词分布。较高层次的  $H(w)$  和较低层次的平均值之间的差是文献集的文章中居支配地位的词汇的特殊性的一个简单的测度( $H(w)_0$ )(Theil 1972, 第 66 页)。

注意,若较低层次单元便是较高层次单元<sup>[1]</sup>的构成要素情况下的文章分布是给定的,则所有文章对领域层次上不确定性的减小之贡献的加权平均值( $\sum Q_i * H(w)_i$ ),等于领域层次上的条件熵  $H(w|a)$ ,而“论文间部分”对熵的贡献, $H(w)_0$ ,等于  $H(w) - H(w|a)$ ,即词出现率在论文层次和领域层次之间的传递。

下一步就是将这一分析推广至从词和小节两方面对文本进行双变量比较。与 8.61 比特的  $H(w|s)$  全部的值对比,平均  $H(w|a,s)$  是 6.22 比特(表 7-3)。偏熵减少了 72%,而前一种情况偏熵减少了 75%。因此,如果我们把小节分布也考虑进来,则文章对领域词汇一览表的平均贡献略有减小。我们再一次得出结论:小节结构平均说来更依赖于领域,而不是论文。小节的加入因此降低了领域对论文的平均依赖性。

$$\begin{aligned}
 [1] \quad \sum_i Q_i * H_i &= \sum_i (n_i/N) * (\sum_j q_j \log 1/q_j) \\
 &= \sum_i \sum_j (n_i/N) * (f_{ij}/n_i \log n_i / f_{ij}) \\
 &= \sum_i \sum_j \{ (n_i \log n_i) - f_{ij} \log f_{ij} \} / N \\
 &= \sum_i \sum_j \{ (f_i \log f_i - f_{ij} \log f_{ij}) \} / N
 \end{aligned}$$

这个结果与条件熵是同样的,只要将上面的式 7-3 和式 7-4 合并便可看出。

## 第6节 哪些词

下一个重要的问题,也是与信息检索有关的,就是:某些词对熵的贡献有多大?它们是否列入了论文的各个小节维度中?

如前所述, $H(a)$ 经计算为 4.10 比特。这是论文中词出现频度的边际总计的分布,与是否包含某个特定的词或它出现在论文的哪里无关。涉及的 1287 个词的每一个都为这个熵值贡献了相应的份额:

$$H(a) = H(a)_0 + \sum_{i=1}^{1287} (n_i/N) H(a)_i$$

如同我们在上面看到的,方程式右边的项在本例中也等于  $H(a|w) = 1.18$  比特,并且  $H(a)_0$  相当于 2.23 比特的传递。因此,我们也许注意到,词间关系对总熵的贡献,比词本身对熵的贡献的总和要大。词间关系对熵的贡献这一性质值得专门进行研究,因为它对于信息检索中的组合式搜索具有重要意义。

表 7-6 在领域层次上词对论文中词出现频度之预测的不确定性的减小的相对贡献(总体结果和对于具体小节的结果)

	$H(a w)$		$H(a w, s=\text{引言})$		$H(a w, s=\text{方法})$
Figure	3.44	Cell	10.29	MI	4.44
Bind	3.43	c-AMP	5.22	pH	4.01
Protein	2.96	Protein	5.07	Minute	3.70
Cell	2.71	Bind	4.10	Cell	3.31
c-AMP	2.35	Discoideum	3.83	Mu	3.27
Mm	2.16	Dictyostelium	3.12	Degree	3.17
Activity	1.90	Sequence	3.05	Buffer	3.15
Show	1.65	Subunit	2.52	Protein	2.75

续表

$H(a w)$		$H(a w, s = \text{引言})$		$H(a w, s = \text{方法})$	
pH	1.48	Site	2.52	Describe	2.46
Site	1.43	Activity	2.16	Gel	2.45
Sequence	1.34	Eukaryote	1.58	Contain	2.42
Subunit	1.33	Enzyme	1.53	Use	2.07
Use	1.25	Structure	1.51	Time	1.81
Dictyosteli	1.11	Form	1.30	c-AMP	1.37
Degree	1.08	Nucleotide	1.26	Acid	1.35
Concentr	1.08	Show	1.05	Activity	1.30
Minute	1.06			Bind	1.27
Describ	1.06			Concentration	1.07
Discoid	1.04				
MI	1.03				
Ezyme	1.02	$H(a w, s = \text{结果})$		$H(a w, s = \text{讨论})$	
Contain	1.01				
		Bind	4.43	Protein	4.64
		Show	3.06	Site	2.83
		c-AMP	2.97	Cell	2.70
		Activity	2.74	Sequence	2.46
		Protein	2.60	c-AMP	2.18
		Subunit	1.79	Dictyostelium	2.11
		Site	1.41	Discoideum	2.02
		Cell	1.34	Subunit	1.89
		Table	1.32	Show	1.53
		Concentration	1.19	Activity	1.48
		Sequence	1.13	Figure	1.41
		Enzyme	1.07	Use	1.36

续表

$H(a w)$	$H(a w, s = \text{结果})$		$H(a w, s = \text{讨论})$	
	Peak	1.04	Enzyme	1.31
	Label	1.03	High	1.20
	Experiment	1.03	Concentration	1.18
	Use	1.03	Structure	1.14
			Nucleotide	1.09
			Acid	1.09
			Data	1.04

在这里,我们宁愿着重讨论词对于论文中词出现率之预测的不确定性的减少的独立贡献。对不确定性的减少,各个词的贡献是不一样的。表 7-6 给出了对  $H(a|w)$  贡献超过 1% 的那些词,分别针对领域的总体词汇表(操作化为 18 篇论文)和不同的小节的条件情形。于是,我们得以实现了在第 5 章所报道的研究之目的,即按照小节维度给词排序。

让我规定一下,在这个研究中我们使用了样本中至少出现了 3 次,且意义不是无足轻重的所有的词。当然,人们也许希望将分析仅限于词的某个集合,例如以前被选择为关键词的那些词。到了现在,一切都清楚了,熵测度的可加性允许我们将预测不确定性的减小量计算出来,表达为  $H(a|w)$  的一个百分比,从而定量地评价一下,这个子集作为整个集合的指标到底有多么可靠(参见 Salton 和 McGill 1983, 第 63 页及其后)。

## 第 7 节 结论

以上将统计分解分析应用于 5 个问题的目的,主要是为了使读者对广泛的科学技术元勘和可以用这一方法来处理的其他研究

(如社会学)的问题敏感起来。事实上,这个方法给我们提供了一种模型开发工具,它可以检验科学技术元勘领域几乎所有的目前最有意义的经验性问题,而无需对方法论提出先验的限制。

第一,名义要求是量度的最弱的条件:研究人员只要有能力辨别自己正在寻找的是否为符合条件的样本。第二,就变量的数目而论,我们不需要采用具有固有系统限制的先进计算机软件,因为大多数的数据库管理系统已备有现成的对数函数。第三,集总问题可归结为将问题的维度进一步延展。这个进路使得多数研究设计中的多层次问题不再那么棘手。

除这些方法论的优点之外,模型对于我们想提出的研究议题的理论背景并不敏感。为了检验一个假说或者评价一个指标,我们到底是通过归纳推理对变量及其关系做出规定,提出大胆的猜想(例如指标情形),还是出于实用的、功利的意图对变量及其关系做出规定,都无所谓。正是在科学元勘这样的学科间领域,在认识论或者方法论的层次上难得有共识的地方,这个方法提供了一种手段,向结果之比较和理论之检验注入了更多的严密性。

在这里是用词出现频度作为名义变量(即可在文本中数出来的一个变量)来从事分析的。我将这个分析推广到作为第二种名义变量的小节和作为第三变量的论文。然而,使用其他的变量(例如引文量)做相似的研究也是可行的。类似这里使用的设计,我们可以询问:每篇文本的引文关于领域层次上的引文分布能告诉我们些什么?反之亦然,在多大的程度上领域视角能改善我们在论文层次的预测?或者,引文分布与词分布的关系是怎样的,指标间的这些关系是怎样随领域而变化的?总之,这样的交互信息值对于指标的有效性研究提供了一种手段(例如, Leydesdorff 1992a)。

(潘云涛 译)

## 第 8 章

# 科学发展动力学的模型化

从研究科技动力学的视角出发,我们感兴趣的是在给定我们已有所了解的可比事件的情况下,对某一事件进行预测,而对变量或指标之间的关系兴趣不大。预测质量可以用讯息的期望信息值来衡量,期望信息值将存储在知识库里的事件(包括新事件)的先验概率转换成后验概率。这种测度能使我们检验有关科学发展之重构的假设。

在静态分析时,首先使用了序号变量。随之出现了一个变量随另一个变量变化的幅度问题。在动态模型中,我们变换了视角。在这里,我们感兴趣的是事件的比较,而不是变量是否在时间轴上随序号的变化而变化。这里的中心问题不是共同变化,而是以前事件的变量值能否为我们提供有关未来事件的先验概率。如果一件事情已经发生,我们可以将实际值与预测值相比较,然后计算一下代表实际值与预测值之差别的那个讯息估计能给我们提供多少信息。

依据事后指定的变量进行预测的可能性,以及将预测值与历史上实际发生的情况相比较的可能性,定量处理了在重构的研究设计中如何区分历史序与系统序的问题。例如,如果科学史学家和科学社会学家声称,他们所撰写的知识史揭示了某种有意义的序列,那么,与此同时,他们作为编史学家,就应能够依据文本中能观察到的东西,或可归结于文本的东西,来清楚地说明这种序列的

意义,那么我们就可以基于相关领域的差异来检验他们的说明。换言之,如果有人跟着拉卡托斯声称,用进步性的问题变迁作为指标就可以理性地重构科学,如果一个哲学家能具体说明是什么构成了问题变迁的出现,那么,人们就可以将这种出现作为一种名义变量,它在任意时刻在具体范畴内具有某一分布,将这种分布与以后事件的分布进行比较,并提出系统序与历史序之区别的问题。

第三种视点就是是否能将文本集总成领域的表象,并估计由于将一新文本添加入这一档案所导致的信息变化的期望值。人们不仅可以比较两份文本,而且可以将一份文本(尤其是新文本)与储存在一份或多份档案(这些档案被操作为文本)中的信息进行比较。从这里到依据科学文本建立人工智能似乎只有一步之遥。

## 第1节 方法

本章报道的研究是基于前一章所采用的18篇论文中发现的相同词的出现频度。由于每一篇文章既是一个信息(后验)接收者,又是一个信息(先验)发送者,因此可能有  $18 \cdot (18 - 1) = 306$  种传送方式。

为了降低复杂性和减少计算,只要有必要,在接收端我就只集中分析 Janssens et al. 1986 那篇论文的情况,而在发送端则只关注 Bernstein et al. 1981 那篇论文的情况。读者可能还记得,这两篇文章的共同合著者都是范德维尔(Van Driel),我们的样本选择最初就是听了他的意见(见第5章)。

现在可以将从发送文本中得到的词的相对出现频度视为先验概率,而在接收文本中的同一值则视为后验概率。将先验概率( $p$ )变成后验概率( $q$ )的期望信息值( $i$ )可直接从前一章中所用的信息测度( $h$ )导出。如果事件E最终发生了,则:

$$i(q) = h(p) - h(q) = \log(q/p) \quad (8.1)$$

泰尔(Theil 1972,第 56 页及其后)的解释如下<sup>[1]</sup>:

我们从 E(事件)最终的确发生了这一状况起步,起点是先验概率  $p$ ,终点是 E 发生了这一确定性,在这两点之间有两条可选择的路径:在第一条路径( $\cdots$ )中,先接收一条讯息,它将  $p$  转换成  $q$ ,随后接收第二条信息,将  $q$  变成 1(确定性);而在第二条路径中, $p$  不经过中间步骤,直接被转换成 1。由于对这两条路径而言,起始状况(概率  $p$ )和最终状况(确定性)都一样,我们令两者具有相同的信息总量;(…)第二条(直接)路径提供的信息由单独一个值  $h(p) = -\log p$  构成。第一条路径提供的总信息等于将  $p$  转换成  $q$  这条讯息的信息与  $h(q)$  之和。

事件最终将发生的概率只有  $q$ ,因此:

$$\begin{aligned} I(q:p) &= \sum_i q_i \cdot i(q) \\ I(q:p) &= \sum_i q_i \cdot {}^2\log(q_i/p_i) \end{aligned} \quad (8.2)$$

期望信息值  $I$  是预测质量的反向测度<sup>[2]</sup>。在理想的预测中,我们不需要额外的信息,因此  $I$  就会消失( $\log(p/p) = 0$ )<sup>[3]</sup>。在发生变化的情况下,可以证明  $I$  总是正值(Theil 1972,第 59 页之后)。一般而言,变化之讯息带来了不确定性或信息。但是,若没有期望信息的任何先验概率( $p = 0$ ),一个事件(“突现”、“发现”)将会是一个完全的意外,所以  $I$  变成无穷大(在后面的某节我会

[1] 换言之,动态视点与静态视点之间的关系可以用将一个分布( $\log n$ )的最大熵转变成具有期望信息量  $H$  的分布这一讯息的信息量来描述。如果所有的先验概率都相等,就可以这么做,因为在这种情况下每一个  $p_i$  都等于  $1/n$ ,因此,在这种情况下:

$$\begin{aligned} I(q:p) &= \sum_i q_i \log(q_i/(1/n)) = \log n - \sum_i q_i \log q_i \\ &= H(\max) - H(q_i) \end{aligned}$$

[2] 如果对数的底为 2,那么所有  $I$  值就又变成信息的比特数。

[3] 换句话说,任何事件都是其自身的理想预测。



回过头来讨论“突现”的情况)。

由于熵的可加性,我们可以推广到一个以上先验概率分布的情况(如文本集的例子)。可将“以后”事例中的概率,看作预测的修正值  $p_i'$ ,与“以后”指什么没有关系,不管是指“时间上的以后”还是指“集总之后”或其他“以后”。我们可以事后计算一下,看看这种修正是使预测更准确(“信息改善”)还是更差。

$$\begin{aligned} I(q:p) - I(q:p') &= \sum_i q_i \log(q_i/p_i) - \sum_i q_i \log(q_i/p_i') \\ &= \sum_i q_i \log(p_i'/p_i) \end{aligned} \quad (8.3)$$

注意,虽然每个  $I$  都是正值,但修正值不必为正值。我们现在可以进一步推导双变量和多变量情况下相应的公式:

$$I(q_{ij}:p_{ij}) = \sum_i \sum_j q_{ij} \log(q_{ij}/p_{ij}) \quad (8.4)$$

$$I(q_{ij}:p_{ij}) - I(q_{ij}:p'_{ij}) = \sum_i \sum_j q_{ij} \log(p'_{ij}/p_{ij}) \quad (8.5)$$

## 第2节 文本中词出现频度分布的变化

让我们首先将这一模型应用到词出现频度之单变量的情况,用的是前一章所讨论的那个子领域的18份文本中每一份的数据。在这种情况下,我们将每一份文本中词出现频度的后验概率的期望信息值(表8-1中的行)与其他所有文本的词出现频度的先验概率的期望信息值(表8-1中的列)进行比较;差值用相应的中间讯息的期望信息值的比特数表示。这种比较是根据每份文本中的共用词进行的(如上所述,我们将在后面的某小节回过头来讨论突现的词的出现频度)。

如果关注 Janssens et al. 1986 这篇文章(表8-1中斜体行)我们会发现,它与 Bernstein et al. 1981 那篇文章相比较的期望信息值远比其他比较中的期望信息值大。但是我们知道,这两篇文章

紧密相关,并且由于高期望信息值与先验相对频度和后验相对频度之间的显著差值是对应的,所以这似乎是一种反直觉的结果。

记住,Bernstein et al. 1981 (BE81)那篇文章是整个数据集中唯一一篇出自细胞分化而非生物化学的文章。如果依据基于相对词频变化的讯息的期望信息值,将这篇文章与其他所有行与列的文章进行比较,我们会发现 Bernstein et al. 1981 这篇文章完全不正常,一个重要差异就是这篇文章远比其他文章短。

因此很显然,相对词频有差异可以是因为完全不同的原因,如背景差异、文章间的空间“距离”或时间“距离”(即词的意义随时间而改变)。如果不作进一步理论思考,我们似乎不能确定这些变异源之间的区别。但是,一旦建立某些假说,我们就可以对假说进行检验。

例如,我们可以检验上述看法,即 Bernstein et al. 1981 那篇文章的较大“距离”是期刊言辞表之间的差异造成的<sup>[1]</sup>。如果 Bernstein et al 文的词汇表的偏离之原因主要由于两种期刊间的差异,那么,当在小节之间进行区分以揭示这篇文章与 Janssens et al. 1986 文之间的更紧密的关系时,我们会指望信息改善,因为我们控制另一个变量的规模效应时,估计这两篇文章之间在小节中词的用法上会更相似。

为了计算信息改善,我们必须将单变量分析扩展到双变量分析,其方法是根据前面给出的公式 8.4 和公式 8.5 来比较相对于每篇文章的小节对词的矩阵。除非所有词的出现频度在各小节间平均分配,否则我们只要了解更多的细节,就可获得信息,从而期望得到的信息改善为正值。如果在我们对总体分布进行说明之后,词频的节间分布在事件间更加趋同,则信息改善值会最小。

---

[1] 阅读本书的草稿后,范德维尔(Van Driel)评论说,“词的用法的确与文稿所要投向的期刊有点关系”。

表 8-1 从每篇文章(行)与集合中其它所有文章(列)的比较中得到的期望信息量 (单位:比特)

	BE81	OL82	WE82	RU83	MC83	RU84	GU84	MA84	TA85	BI85	JA86	HA87	SH87	KO187	MU88	KL188	KO287	KL288
BE81	0.0	1.0	0.5	1.3	1.5	1.9	0.9	1.1	0.5	1.4	1.7	1.1	0.8	1.3	1.1	0.9	0.5	1.2
OL82	1.0	0.0	0.6	1.1	0.4	1.1	0.9	0.7	0.9	0.8	0.8	0.8	1.0	1.1	0.7	0.8	1.1	0.9
WE82	0.4	0.6	0.0	0.4	0.8	0.4	0.7	0.5	0.5	0.7	1.1	0.7	0.7	0.8	0.5	0.4	0.6	0.3
RU83	1.0	0.9	0.4	0.0	1.0	0.5	0.8	0.9	0.8	0.7	1.2	1.2	0.9	0.8	0.7	0.7	0.3	0.5
MC83	1.2	0.4	0.5	1.0	0.0	0.7	0.9	1.0	0.7	0.8	0.6	0.7	1.1	1.0	0.6	0.8	0.8	0.5
RU84	1.6	0.9	0.4	0.5	0.8	0.0	0.5	0.7	0.7	0.4	0.7	0.7	0.9	0.5	0.6	0.7	0.6	0.4
GU84	1.1	0.8	0.5	0.7	0.9	0.5	0.0	0.8	1.3	0.5	0.7	0.6	0.8	0.5	0.5	0.5	0.3	0.8
MA84	0.9	0.7	0.6	1.1	1.1	0.8	0.9	0.0	0.5	0.7	0.8	0.9	0.7	0.9	0.9	0.6	0.6	0.4
TA85	0.6	0.7	0.4	0.6	0.6	0.6	2.1	0.6	0.0	0.6	0.2	0.4	0.7	0.6	0.4	1.5	0.6	0.4
BI85	1.2	0.7	0.6	0.5	0.9	0.4	0.6	0.7	0.5	0.0	0.7	0.8	0.8	0.6	0.7	0.7	0.5	0.4
JA86	1.6	0.6	0.8	0.9	0.5	0.5	0.5	0.9	0.3	0.7	0.0	0.7	0.9	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4
HA87	1.4	0.9	0.6	1.0	0.8	0.5	0.5	1.0	0.5	0.8	0.6	0.0	1.3	0.5	0.5	0.7	0.3	0.5
SH87	0.8	0.8	0.7	0.7	1.2	0.8	0.6	0.8	0.6	0.7	0.8	1.2	0.0	0.8	1.0	0.8	0.3	0.7
KO187	1.4	0.9	0.8	0.8	1.0	0.4	0.5	1.0	0.5	0.7	0.3	0.4	0.8	0.0	0.6	0.5	0.6	0.4
KO287	1.7	0.8	0.6	0.8	0.6	0.5	0.5	1.2	0.4	0.8	0.4	0.4	1.4	0.4	0.0	0.6	0.3	0.4
MU88	1.0	0.7	0.3	0.7	0.9	0.6	0.5	0.6	1.0	0.5	0.5	0.8	1.0	0.5	0.6	0.0	0.4	0.2
KL188	0.6	1.1	0.5	0.3	0.9	0.7	0.3	0.7	0.5	0.6	0.3	0.3	0.4	0.6	0.4	0.4	0.0	0.4
KL288	1.1	0.6	0.3	0.5	0.5	0.4	1.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.5	0.4	0.2	0.3	0.0

表 8-2 最后一列是期望信息的增加值占原来的期望信息值的百分比(针对 Janssens et al. 1986 文仅为接收者的情况)。这的确是 Bernstein et al. 1981 文到目前为止的最低值。

表 8-2 Janssens et al. 1986 文作为后验事件,单变量  
与双变量期望信息值的比较

	$I_i$	$I_{ij}$	$(I_{ij} - I_i)/I_i$ 百分比(%)
BE81	1.59	1.96	23.1
OL82	0.61	1.12	82.9
WE82	0.84	1.35	59.7
RU83	0.90	1.35	50.1
MC83	0.54	0.84	55.7
RU84	0.54	1.17	116.3
GU84	0.53	0.90	69.1
MA84	0.93	1.44	55.2
TA85	0.30	0.70	133.6
BI85	0.65	1.16	76.9
JA86	* * * *	* * * *	* * * *
HA87	0.74	1.15	55.2
SH87	0.86	1.25	45.7
KO187	0.38	0.79	108.6
KO287	0.44	0.87	98.8
MU88	0.43	0.83	96.4
KL188	0.28	0.94	230.3
KL288	0.40	0.80	101.6

表 8-2 中的第二列是基于二维数组  $p_{ij}$  和  $q_{ij}$  的比较。在前一章中,我们会把它标作  $I$ (词、小节)(以后用  $I(w,s)$  表示),在那一构架里,如果信息期望是基于总体词频的分布的话,我们可以称

信息改善( $I_{ij} - I_i$ )为小节的条件信息期望。但在前一篇文章中推导的有关熵、条件熵以及联合熵的简单算法,不再适用于动态模型中的期望信息值。

如果  $i$  代表词,  $j$  代表小节,我们可以将单变量  $I(\text{词})$  (以后用  $I(w)$  表示)表示如下:

$$I(w) = \sum_i q_i \log(q_i / p_i) \quad (8.6)$$

双变量分布的表达式为:

$$I(w, s) = \sum_{j=1}^4 \sum_i q_{ij} \log(q_{ij} / p_{ij}) \quad (8.7)$$

为建立  $I(w)$  与  $I(w, s)$  的关系,我们将后者写为:

$$\begin{aligned} I(w, s) &= \sum_i q_i \sum_{j=1}^4 q_{ij} / q_i [\log(q_{ij} / q_i) / (p_{ij} / p_i) + \log(q_i / p_i)] \\ &= I(w) + \sum_i q_i \sum_{j=1}^4 q_{ij} / q_i \log(q_{ij} / q_i) / (p_{ij} / p_i) \end{aligned} \quad (8.8)$$

因此,信息改善为:

$$I(q_{ij} : p_{ij}) - I(q_i : p_i) = \sum_i q_i \sum_{j=1}^4 q_{ij} / q_i \log(q_{ij} / q_i) / (p_{ij} / p_i)$$

注意,也可能有另一种不同的分解方法,彼时,我们可以将词对小节的二维信息期望与一维信息期望( $j$ )进行比较。总之,任何  $n$  维信息期望都可以分解成  $n$  个维,分解成它们所有可能的组合,共有  $n \cdot (n-1)$  种方式。

对多变量信息期望的解释比对静态熵值的分解更难。例如,在上述情形下(将 Bernstein et al. 1981 文中词与小节的分布作为 Janssens et al. 1986 文中这些分布的预测值,表 8-2 中的第一行),我们可以说,  $(1.96 - 1.57 = )0.37$  比特的信息改善是对于两篇文章的 33 个共有词而言,词对小节单变量分布的期望信息值的加权平均值。因此,每个相关词对信息改善的贡献大约为 10 毫比特。但是,通过分解公式 8.8 右边的项,可以更精确地计算每个词或词

组的贡献。在此我不作这一详细分析,而想集中讨论在科学领域层次上各篇文章之间的关系。

总之,动态分析与静态分析的结果差异很大。当想评价指标的质量时,静态模型很有用。一旦确定了这样组合或那样组合的各种指标,亦即一旦确定了决策规则,就可以用动态模型来计算事件的意义。(静态)指标的有效性问题和这些指标作为对事件的(动态)预测手段之质量问题是完全不同的两回事。

这里对词和小节所做的一切,可以推广到所有(名义)变量。由于可以根据作为事件的文章(集)间的关系来定义影响,如果要用同引分析和引文分析来做影响评估,我们可以直接计算同引分析为引文分析增加了什么,反之亦然。在静态模型中,我们可以计算在某一范畴内两个变量之间的传递,亦即在多大程度上对一件事情的了解能减少对另一件事情预测的不确定性。在动态模型中,可以计算当将一种测度增加到另一种之中时,我们对这些变量在新事件中的分布的预测能力会有多大改善。

### 第3节 突现的问题

给定期望信息值的公式为  $I(= \sum q \log(q/p))$ , 在后验文本中突现一个“新”东西的情况下,我们会遇到除数为零的情形。根据信息论,这就意味着,被预测肯定不会发生( $p=0$ )的事情却出乎意料地出现了,因此这一讯息具有无穷大的期望信息值<sup>[1]</sup>。

一个特定词在给定矩阵元出现与否可能具有很高的信息值,但在经验研究中却不可能有无限的信息量。在这种情况下,零并不意味着我们确信这个词绝对不会出现,而只是表明  $0 \leq p < 1/n$ , 因为按照定义,在名义变量的分布中,小于  $1/n$  的概率是无

---

[1] 按惯例,在静态模型中( $0 \log 0$ )等于零,这是  $p \rightarrow 0$  时的极限值。

法测度的。

有几种方案用来解决阈值低于  $1/n$  的信号的问题。例如,我们仅在这一阶段将 0 提高到 1<sup>[1]</sup>。换言之,我们可以说,我们希望将 0 转换成 1 如同将 1 转换成 2 那样具有同样的信息含量。在这种情况下,就应将先验分布中的 0 替换成 0.5。然而,这种解决方案的任意性似乎不能令人满意,问题必须首先从概念上解决。

在经验研究中,“突现”是相对于情境而言的。虽然“突现”意味着我们不能将突现出来的事件的后验概率与其先验概率进行比较,但是,我们仍然可以比较事件集之间的关系,正在突现的事件是事件集的一个特例。但是,在这一情境中,事件的数目应该是  $n-1$  而非  $n$ 。例如,如果一个词没有出现在先验分布的一个小节,我们就应该将这种分布只分解成 3 个而不是 4 个概率。在后验分布中,我们有四个矩阵元,但却只能用先验值比较其中三个。(在后验的情形中,不经过修正,我们的  $\sum q$  就不会加总到 1,而且我们会失去第四项比较中含有的讯息所提供的额外信息。)因此,我们不应将有关分布分解成三个以上的子群,而应留下一个未加分解的由两个事件构成的组群。这种情况下,我们可以用这三个概率直接进行计算。

接下来的问题是,在先验分布中我们应该将哪个矩阵元与空矩阵元放在一起?如果我们以大于 0 的值赋予在先验情形中具有最低值的矩阵元,我们就可以将以下风险降至最低:一个矩阵元的“突现”所包含的信息可能在两个合并矩阵元构成的子群内被另一个矩阵元信息量的显著较少所抵消。

运用这种“部分分解法”,我们可以用减法来计算“突现”的额外(被低估的)期望信息值:即用这个  $I$  减去与仅有(三个)先验非

---

[1] 例见:“如果任何矩阵元是空的,仅在这个阶段,可以插入 1 来替换零”(Price 1981,第 57 页)。

空矩阵元的子群有关之概率的准确变化的  $I$ 。然而,这只不过是 在分布的情境中考虑了与空矩阵元相比较而得出的额外期望信息。与用 0 到 1 之间的任意值来替换 0 的做法不同,在部分分解法中我们不干预分布,而是只限制自己别去计算那些无法计算或不能解释意义的东西:“突现”只有在分布的背景下才有意义;就其自身而言,它只不过是个完全意料不到的事物而已。

表 8-3 列出了 Janssens et al. 1986 文作为后验事件,相对于样本中的其他文本的不同  $I_{ij}$  值,既采用了部分分解法,还分别用 1.0 和 0.5 替换了数值为零的矩阵元。将第三列与第二列比较可以看出,部分分解法比随意引入 1 作为阈值更具信息性。在后一种情况下,根据 Bernstein et al. 1981 文所做的预测的结果甚至每况愈下(这是因为与其他文章相比,较短的 Bernstein 文章中词出现的总次数  $N$  较低,也因为在该分析中,词的非空分布矩阵元中出现零的频度较高)。我们也可以得出结论,即在该分析中,用 0.5 替换二维数组中的零这一方法与部分分解法的差别并不大。但是,部分分解法不依赖样本,因此更具有普遍性。

表 8-3 “部分分解法”与用 1.0 和 0.5 替换 0 的做法之效果比较

	$I(w)$	$I(w,s)$	替换 $n=0$ 的效果		
		部分分解 的效果	$n=1$	$n=0.5$	(第 4 列 - 第 2 列)
	(1)	(2)	(3)	(4)	
BE81	1.59	1.96	1.57	1.86	-0.10
OL82	0.61	1.12	0.90	1.20	+0.08
WE82	0.84	1.35	1.23	1.36	+0.01
RU83	0.90	1.35	1.29	1.41	+0.06
MC83	0.54	0.84	0.77	1.07	+0.23
RU84	0.54	1.17	1.10	1.29	+0.12
GU84	0.53	0.90	0.80	0.90	0.00



续表

	$I(w)$	$I(w,s)$ 部分分解 的效果	替换 $n=0$ 的效果		
	(1)	(2)	$n=1$ (3)	$n=0.5$ (第4列-第2列) (4)	
MA84	0.93	1.44	1.36	1.65	+0.21
TA85	0.30	0.70	0.65	0.82	+0.12
BI85	0.65	1.16	1.02	1.17	+0.01
JA86	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *	* * . * *
HA87	0.74	1.15	0.98	1.16	+0.01
SH87	0.86	1.25	1.16	1.31	+0.06
KO187	0.38	0.79	0.73	0.92	+0.16
KO287	0.44	0.87	0.73	0.89	+0.02
MU88	0.43	0.83	0.76	0.89	+0.06
KL188	0.28	0.94	0.82	0.99	+0.05
KL288	0.40	0.80	0.64	0.86	+0.06

## 第4节 在 DICTYOSTELE DISCOIDEUM 领域作为事件的发表物

在每个文章对 $(18 \times 17)$ 之间,如果忽略小节结构,就可以计算出单变量的期望信息值;如果考虑小节结构,则可以计算双变量的期望信息值。后者可以再次依据四个小节进行分解,可以用“部分分解法”计算某一小节中词的“突现”的期望信息值。然而,这些不同的期望信息值是基于每种情况中不同的共用词数算出的,因而不具有可比性。

那么我们如何进行归一化呢?有两种显而易见的选择:

(1)根据被认为是后验的事件进行归一化,也就是说,与有关

后验事件的讯息的期望信息值相比,某些词或词组(例如“引言”小节的词)的贡献有多大。

(2)在对文章间的转变进行对比时,应该考虑每个共用词的期望信息值:共用词越多,测度词频变化的机会随之增加。

第一条是依据完全相同的后验事件进行的归一化,而第二条则使在事件之间比较期望信息值成为可能。

## 1. 根据后验事件的归一化

在图 8-1 中,Janssens et al. 1986 文的 4 个小节中词的出现频度被归一化成一个百分比,即作为后验事件的这篇文章,相对于其他各篇文章及这组文章的平均值,对总体期望信息值的贡献百分比(这在前面被视为对领域的操作)。

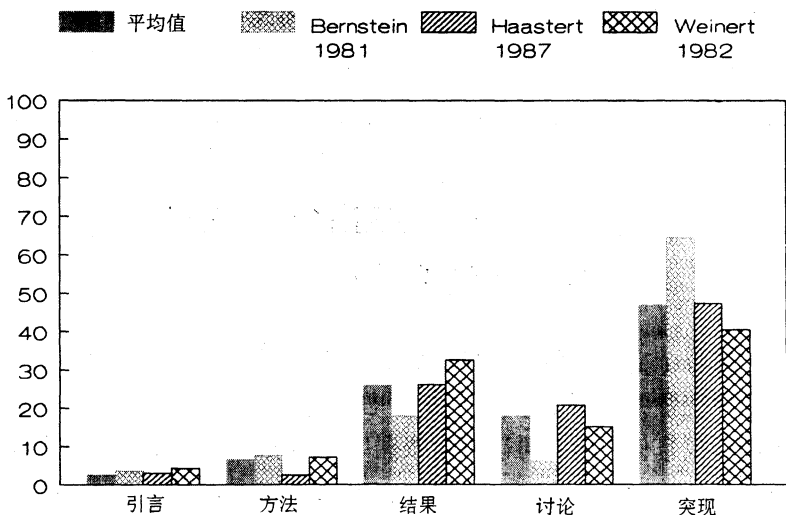


图 8-1 词出现和“突现”导致的期望信息值对 Janssens et al. 文作为  
后验事件拥有的双变量期望信息值所做贡献的百分比

图 8-1 描绘的是一般模式:由于文本中有共同的词,词的出现

频度的分布在“引言”小节和“方法”小节就特别相似(然而,从前一章所述的静态模型我们已经知道,这两节中词出现频度的领域依赖性不同)。从另外两节来看,不同论文就相对于 Janssens et al. 1986 文而言的词频分布所做的预测是十分相似的。应该注意的是,就此而言,“结果”小节总是比“讨论”小节的信息性更强。

除平均值以外,Haastert 1987 文作为先验事件也被纳入图中。因为在前面已经提到,这篇文章的“方法”小节的数据与平均值偏离较大(见第5章);我们的信息提供人将 Weinert et al. 1982 文描述为探讨有点不同的主题之文本的例子(由于“结果”小节通常集中讨论主题问题,因此我们期望从这小节获得更大的信息值);前文已述, Bernstein et al. 1981 文是较短的文章。后者作为“突现”类的信息发送者所具有的偏离模式,说明了我们在前几节中就矩阵元中的零所持的观点: Janssens et al. 1986 文与 Bernstein et al. 1981 文共用词所出现的小节,与 Bernstein et al. 1981 文更简洁的文本中单独使用那些词所出现的小节是不一样的。在所有其他方面,前文已经表明,这两篇文章在小节中的用词上比样本中其他任意两篇文章更相似。

## 2. 文本间的归一化

专家系统也好,在科学政策上的应用也好,我们通常对新事件怎样与各种档案化的文本(和这类文本的集总)相关联感兴趣。因此,有趣的归一化基本上不是根据对新事件的贡献,而是依据新事件与先前的事件之间业已存在的关系之相关性。新文本与文献是如何发生关联的,它对以前已经存在的关系所构成的网络的影响是什么?

我们再次只用了词出现频度作为名义变量,而且我们将最佳预测文本定义为具有最相似词频分布的文本。如上所述,如果我们要比较两篇以上的文本,就必须进行每个共用词的归一化,因为

单是两个文本的共用词较多这一事实,就会导致表现出相对频度差异的较大机会<sup>[1]</sup>。表 8-4 列出了作为事件的 Janssens et al. 1986 文与 Haastert 1987 文的期望信息值,并按照词出现频度将这些事件与所有其他文本进行了比较,单位为毫比特/共用词。

表 8-4 Janssens et al. 1986 文与 Haastert 1987 文各自的期望  
信息值、共用词数以及信息量/词数比

	JANSSENS et al. 1986			HAASTERT 1987		
	$I_{ij}$ (比特)	共用词数	$I/\text{词}$ (毫比特)	$I_{ij}$ (比特)	共用词数	$I/\text{词}$ (毫比特)
BE81	1.9624	33	59.5	1.7009	27	63.0
OL82	1.1175	40	27.9	1.5715	29	54.2
WE82	1.3456	49	27.5	1.3325	48	27.8
RU83	1.3516	55	24.6	1.5196	47	32.3
MC83	0.8369	32	26.2	1.2841	23	55.8
RU84	1.1711	44	26.6	0.9749	35	27.9
GU84	0.9005	67	13.4	0.9438	52	18.1
MA84	1.4403	42	34.3	1.3783	34	40.5
TA85	0.7042	29	24.3	1.0394	19	54.7
BI85	1.1565	58	19.9	1.3797	38	36.3
JA86	*****	**	*****	0.9203	60	15.3
HA87	1.1455	60	19.1	*****	**	*****
SH87	1.2485	51	24.5	1.7309	34	50.9
KO187	0.7918	56	14.1	1.0519	44	23.9
KO287	0.8740	50	17.5	1.1164	40	27.9
MU88	0.8349	40	20.9	1.2167	32	38.0
KL188	0.9400	22	42.7	0.7610	25	30.4
KL288	0.7962	27	29.5	0.9760	21	46.5

〔1〕 这种归一化(尤其是低频度的归一化)对小的偏离很敏感;因此在处理小数  
值(如分解后的结果)时,应当仔细检查我们所做的事情。这些问题是仅使用小样本的  
平均值这一错误放大的结果。

如果我们比较文本之间的相互预测,就会发现表中的数据很有趣,这些数据还提出这么一个问题:是否可将某些文本看作 Jassens et al. 1986 文的其他预测的修正?一些修正会增强原初传送文本的信号吗?在这种情况下,如果继续延用刚才这个隐喻,为了追寻隐含的东西,接受者再也不必听从原初发送者,因为那个信号会被辅助站淹没掉。如果我们设法重构交流过程是如何发生的,出自原初发送者的箭头就应该被原初发送者、辅助发送者和接收者之间的箭头所取代,因为与原始箭头有关的“距离”比这三点之间的距离之和还要大。

就期望信息值而言,我们必须评价三份文本之间(或文本的集总)的不等式关系:对预测的归一化修正值与对修正的归一化预测值(用原初的先验文本)之和比由先验文本与后验文本(图 8-2)之间的直接关系得到的归一化预测值大还是小?

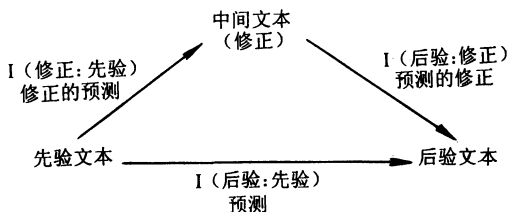


图 8-2 预测与对预测的可能修正

若以方程式表达的话,我们必须问下式是否成立:

$$I(\text{后验: 修正})/\text{词} + I(\text{修正: 先验})/\text{词} < I(\text{后验: 先验})/\text{词}$$

与正常修正有所不同的是,如果预测不仅通过修正得到了改善,而且修正的路径对平均信息的传输比直接路径更高效,那么就在这种修正定义为关键修正。换言之,对指定变量而言,路径是关键<sup>[1]</sup>。图 8-3 描绘了 Janssens et al. 1986 文作为后验事件时所有

[1] 在转译社会学中(Callon 等 1986),人们也用“强制通过点”这样的说法。

的关键修正。图 8-4 是 Haastert 1987 文作为后验事件相对于其他 17 份文本的图解。在阅读这些图形时,要记住每个点都是通过预测值与后验事件直接连上的,而且我们在这里只关注“三角化关系”。线条的缺少意味着先验文本被直接当作发送者被接收了,当然,我们可以将比喻扩展一下,认为经过关键修正的文本就像被修正所淹没的发送者。粗箭头代表最重要的关键修正,细箭头为次要、虚线箭头为较不重要的修正。

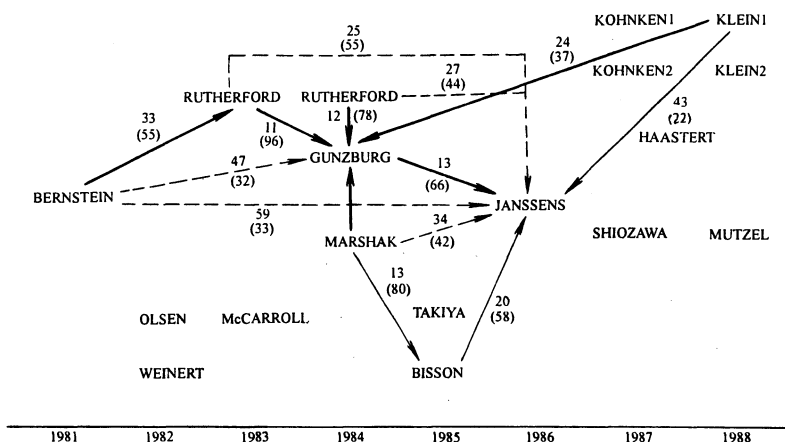


图 8-3 Janssens et al. 1986 文作为后验事件,对该文中词出现频度的预测所进行的关键修正的路径

如果两篇文章是合著的(与 Van Haastert 合著),并且在同一种期刊上发表,而发表时间只相差一年,那么在这两种情况下图形有显著差异。在图 8-3 中,为了使读者更详细地了解进展情况,对于修正值和原始值,我标出了每个词的期望信息值(以毫比特为单位),用括号标出了共用词的数目。在前一种情况下(Janssens 1986),Gunzburg 1984 文本是最佳预测者。特别有趣的是,Bernstein 1981 文通过 Rutherford 1983 文和 Gunzburg 1984 文使预测

逐渐改善。因此,该图表明了路径的存在<sup>[1]</sup>。

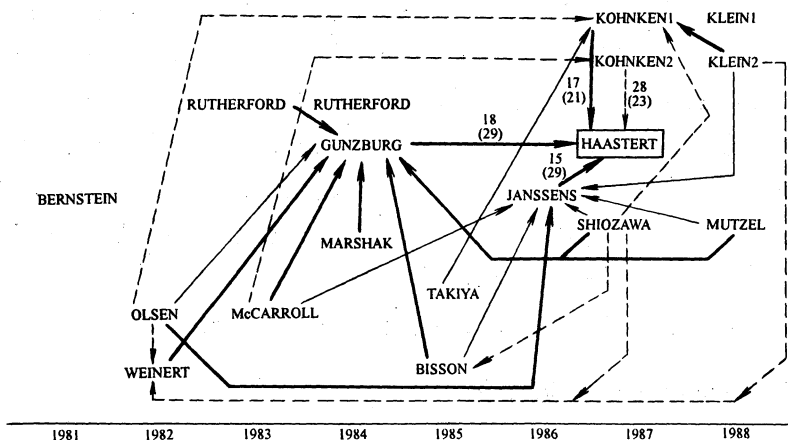


图 8-4 Haastert 1987 文作为后验事件时,对该文中词出现频度的预测所进行的关键修正的路径

如果将 Haastert 1987 作为后验事件,绘出的图形则完全不同。Haastert 1987 文通过三份文本得到了最好的预测。这三份文本在许多情况下使其他文本的预测值得到如此程度的改善,以致于作为发送者的这些文本在前面三个信号之后都消失了。该图是围绕新事件的一个核,较少涉及路径。在三个发送者中,合著文本 Janssens 1986 文显然是最佳预测者,其次是 Gunzburg 1984 文,与 Janssens 1986 文相比,它与其他文本具有更多的关系;另外, Kohnken et al. 1987 的文章似乎对 Haastert 1987 文的词很重要。

注意,与前一幅图不同,在这种情况下,没有箭头从 Gunzburg 1984 文到 Janssens 1986 文,也没有箭头从 Bernstein 1981 文到

〔1〕 其他文本也通过 Gunzburg 1984 文得到了沟通,包括 Klein 1988 的第一份文本,这份文本虽然在历史上出现较晚,但却与 Janssens 1986 文关系更紧密——这种情况下更像一条通过 Gunzburg 1984 文的“边线”,而不是直接通达。

Janssens 1986 文或 Bernstein 1981 文。这就提醒我们,该领域的景观是动态的,亦即领域景观与接收信号的事件有关。对 Janssens 1986 文而言,来自 Bernstein 1981 文的信号如此模糊以至于被 Gunzburg 1984 文所取代,而对 Haastert 1987 文,情况就不是这样。虽然 Janssens 1986 文和 Gunzburg 1984 文中的词出现频度理想地预测了 Haastert 1987 文中的词出现频度,但是 Haastert 1987 文的词汇学习器仍然从 Bernstein 1981 文接收了直接的(即未经关键修正的)信号,但却是该领域中最弱的信号,这从  $I/\text{词比值}$  可以看出。在表 8-4 的右列, $I/\text{词}$ 达到最大(63 毫比特/词)。

### 3. 小节维度的关键修正

下一步是区分四个小节,以作为扩展到一个以上维度的例子。图 8-5 至图 8-8 展示了 Janssens et al. 1986 文作为一个事件的计算结果。由于对预测的重要改善,出现了更多的箭头,我仅介绍两个最好的改善(分别用粗、细箭头表示)。考虑到样本规模较小(见前面的脚注 6),为谨慎起见,共用词少于 10 个时才用虚线箭头表示。图 8-5 展示了 Janssens et al. 1986 文作为后验事件时,各篇文章的引言小节相对于 Janssens et al. 1986 文的引言小节的关键修正。在这种情况下我们看到,一些历史上较为邻近的文章能起到最好的修正作用。我们认为,这可以视为 Janssens et al. 1986 文是追随潮流的,即我们更一般地通过静态模型所了解的潮流,具体说来就是:在引言小节,领域被最活跃地解构和重构,或者也可以说,作者在这一小节特别注意将其学术贡献与当前的研究前沿联系起来。

图 8-6 表示一个非常不同的模式。在 Janssens 1986 文的“方法”小节的 19 个预测的关键修正值中,有 12 个对于作为先验事件的 Bernstein 1981 文的“方法”小节很关键。这一模式是贯穿于整个系统的。我们认为,解释应当是这样的:尤其是沿着这个维度,



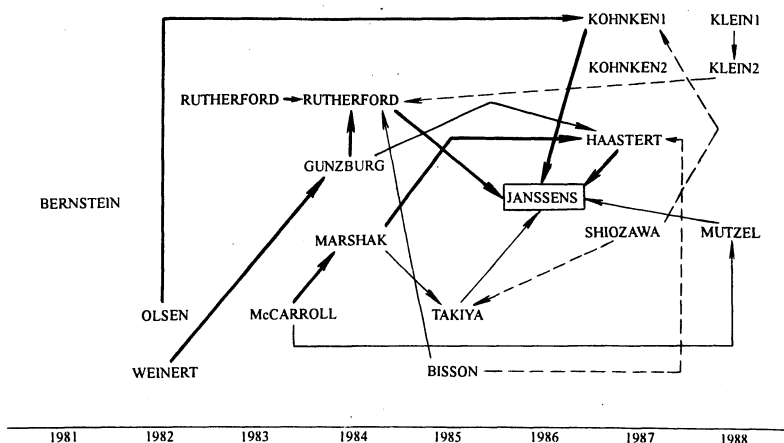


图 8-5 Janssens et al. 1986 文作为后验事件,对“引言”小节的词出现频度的预测所做的关键修正的路径

自从Bernstein et al. 1981 文发表以来,Janssens et al. 1986 文已经改变了(“学会了?”),其他一些作者已经提出了若干新方法、有关方法的概念或方法所用的词,而后验事件的作者已经充分考虑了领域内的这些变化。这就证实了先前的印象,即编码化更明显地发生于“方法”小节。

“结果”小节的图形(图 8-7)揭示出了与 Kohnken et al. 1987 组的关系,这在讨论作为后验事件的 Haastert 1987 文时已经提到。然而,这种关系在对我们的信息提供人的采访过程中并未提及<sup>[1]</sup>。最后,在“讨论”小节,我们发现关键修正较少(图 8-8)。我们认为,这表明在这一理论维度上,Janssens et al. 1986 文更直接地与该领域中其他可能的立场进行了辩论。Rutherford 1984 文相对于 Rutherford 1983 文和 Gunzburg 1984 文较超然的立场在其

〔1〕 由于在合著文章中,每位作者负责特定的部分是很常见的做法,因此这一部分很可能是 Van Haastert 作为 Janssens et al. 1986 文的合著者之一所撰写的。

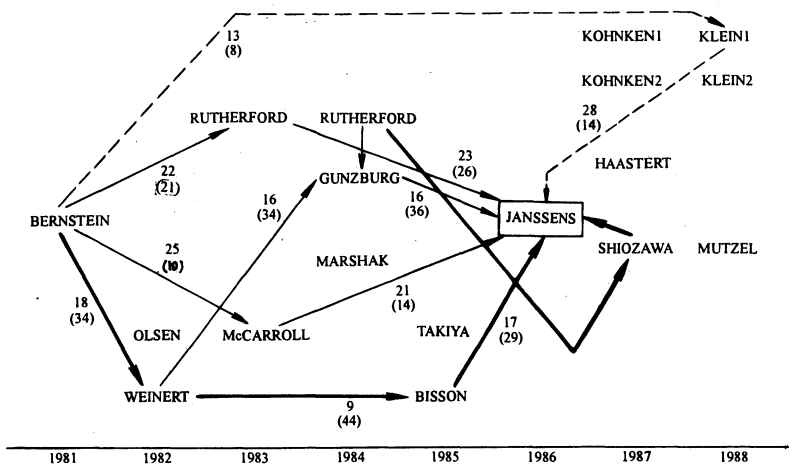


图 8-6 Janssens et al. 1986 文作为后验事件对“方法”小节中词出现频度的预测所做的关键修正的路径

他某些图形中也能看出来。经过关键修正以后,与 Olsen / McCarroll 组的关系以及 Klein 1988 组的关系似乎也显得更“疏远了”。(记住,如果作为发送者的原始文本离接收者越“远”,也就是说,如果传送所需要的讯息的期望信息值越大,修正就越有可能成为关键修正。)

注意,图 8-3 的总体模式与图 8-5 至图 8-8 的任何小节层次的模式都不相符。出自动态模型的这种结果证实了我们从前几章中得出的结论,即小节就是文章的结构维度。此外,图像间的差异再一次强调了一种论点,即不同名义变量可能导致完全不同的结果。因此,不同指标会导致对事件的不同评价:如上所述,指标“部分趋同”的程度在静态模型中是一个有待研究的问题。通过综合应用各种指标,可使动态图景得以丰富多彩。因为维度越高,信息改善的幅度越大。

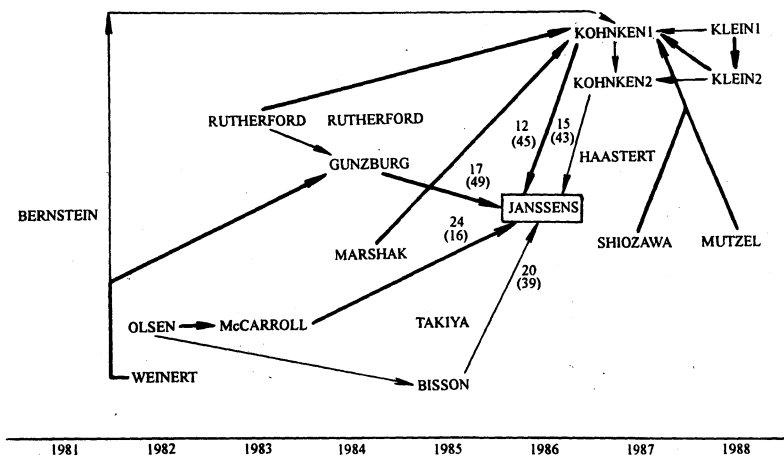


图 8-7 Janssens et al. 1986 文作为后验事件对“结果”小节词出现频度的预测所做的关键修正的路径

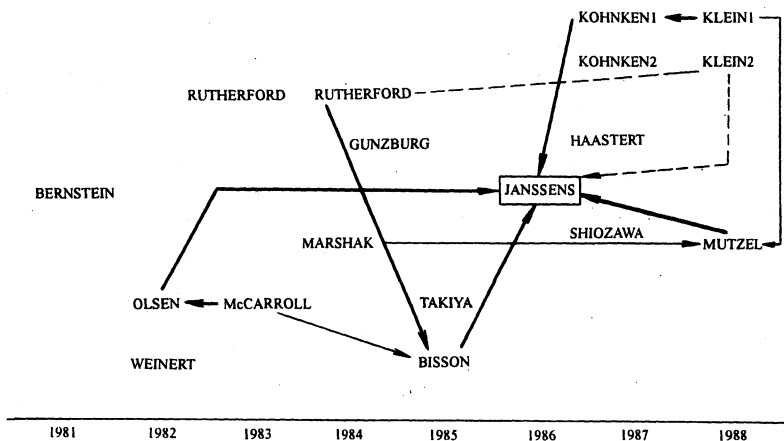


图 8-8 Janssens et al. 1986 文作为后验事件对“讨论”小节中词出现频度的预测所做的关键修正的路径

## 第5节 从科学文本迈向专家系统时代

例如,如果我们将一本期刊当作一组现有文本的一个集合,它含有对将发表、收到、或被编辑部退稿的那些文本具有预测值的概率信息,则我们可以将这种信息设想为关于一篇新文本的一组先验概率的集合,这篇新文本一旦出现,就变成了具有后验概率的事件。但是,为了表达信息期望,我们不得不规定我们认为重要的维度(以及集总层次)。比如,新文章的期望信息量应该依照与已经发表的文章的共用词或引文或同引来进行处理吗?

应用前一章介绍的静态方法,可以根据交互信息来计算档案文章中变量之间的关系,亦即评价这一范畴内的指标质量(它反映人们希望表示的东西)。一旦选定变量,就可以用本章细述的方法来计算每一维度上与相对于每种情况和/或相对于集总状况而言的新事件之出现有关的期望信息值。由于信息概念的可加性,可以用各种期望信息值的简单加减计算各种指标,或根据二元或多元方程计算这些指标的相互作用。这种分析可以延伸到可归结于文本却不包含在文本中的名义变量。例如,如果学术评议过程的结果用量表上的分值来表示,人们就可以希望将这种测度指定为一个相关维度。

此外,变量及其关系的确定等效于有关人工智能知识库的决策规则的确定。决策规则可以具体描述为名义变量的函数;例如,通过加权比较,将共用词的共现作为决策准则  $1(d_1)$ ,引文的共现作为决策准则  $2(d_2)$ ,就可以确定以下决策规则:

$$D = a * d_1 + b * d_2 + c * d_1 * d_2$$

式中, $a$ 、 $b$ 和 $c$ 是有待选定的加权系数。

对变量及其关系的选择决定了结果,因此到了讨论的这一步,必须加进有价值的理论思考。从原理上说,储存了这种数据的计

计算机系统可以担当专家系统的角色,为每一种规定的维度提供期望信息值(用预测的不确定性减少的比特数或百分比表示),将显著差异定量回溯至档案中的早期工作,档案也可分解至相关的维度。如果将这些评价结果与独立的专家意见或有关实际发生情况的独立统计信息进行比较,就可以动态地调整各种维度的加权系数,而系统也能够开始学习。注意,该模型的灵活性还允许事后对数据库进行改进,即允许在子类中对变量作进一步描述和归并,而不改变以前所存储的信息。后来将不同决策规则应用于系统,并不改变以前的数据。决策规则是面向用户的:要么对于政策用途有实用价值,要么对于理论用途足够精致。

然而,无论决策多么依赖用户,这种依赖性未必适用于实实在在的知识库。该重构与其他专家系统设计的主要差异在于,知识工程已经由科学家们自身在发表文章时完成了,这一特性构成了超越专家系统的一个重大优势,因为科学所依赖的知识有些是通过采访或其他形式的社会重构而萃取出来的。

(周 萍 译)

## 第 9 章

# 网络数据的静态与动态分析

本章对前几章中静态与动态分析的结果加以推广。我要说明,人们可以利用从信息论(又称为统计分解分析, Theil 1972)导出的测度作为一个概念框架,以便采用静态和动态模式研究多变量分析的最常见问题。

除了对这两个方面的结果进行整合外,统计分解分析还可对集总与分解的效应予以精确分析。尽管该方法论要求有关变量仅在名义尺度上进行测度,但是它将更精细的量度所包含的任何附加信息都保留下来(Krippendorff 1986)。

因为是在同一框架中演变出不同的模型,可以使多变量分析与时间序列分析的结果彼此相关。此外,采用静态模型,可以建成一张精确的树状图并确定聚类的确切数量。算法则可以推广到团分析上去。

采用动态模型,可以揭示出一些发展状况,而分别对每年不同形式的多变量分析结果进行对比则没有看出这些发展。在有关结构行动关系的研究设计中将对利用这些模型的问题加以讨论。

至于数据,我是将 13 种主要化学期刊之间的总引用矩阵作为一个典型的网络数据集(见表 9-1)<sup>〔1〕</sup>。期刊-期刊总引用量在科学

---

〔1〕 这 13 种期刊构成了与《美国化学学会杂志》(JACS)和《化学物理学杂志》(它们是 1984 年 JCR 期刊集中的两种核心化学杂志)有紧密联系的一个期刊集合。13 种期刊的单子是在另一研究项目的情境中产生的(Cozzens and Leydesdorff 1993; Leydesdorff and Cozzens 1993)。

计量学研究中常被看作一个高层次的社会计量学结构,以便勾画“科学的地图”(Price 1965)。近几十年来人们利用不同形式的多变量分析方法对这种矩阵进行了全面的分析(Carpenter 和 Narin 1973; Narin 1976, 见第 185-190 页, Doreian 和 Fararo 1985; Leydesdorff 1986 和 1987; Doreian 1986; Tijssen 等 1987; Tijssen 1992)。

表 9-1 用来构建期刊-期刊引用网络的期刊

期刊	变量	序号
Chemical Physics	ChemPhys	1
Chemical Physics Letters	ChemPhLt	2
Inorganic Chemistry	InorgCh	3
J. of the American Chemical Society	JACS	4
J. of Chemical Physics	JChemPh	5
J. of the Chemical Society-Dalton T	JChemSc	6
J. of Organic Chemistry	JOrgChem	7
J. of Organometallic Chemistry	JOrgMetC	8
J. of Physical Chemistry	JPhChUS	9
Molecular Physics	MolPhys	10
Physical Review A	PhysRevA	11
Tetrahedron	Tetrahe	12
Tetrahedron Letters	Trahelt	13

这些数据可以从《科学引文索引》的《期刊引证报告》<sup>[1]</sup>中很容易地获得。1984 年的这 13 种期刊之间的期刊-期刊总引用矩阵由表 9-2 列出。在静态分析中,我只关注这一数据,随后又纳入其他年度的相应数据,以便形成一个动态模型。

〔1〕在印刷版中,引文分布的尾部被归入“所有其他”类中。依据经验,引用次数等于或小于 5 的数值即被省略(Garfield 1972)。除了这些阈值以外,还存在着由于刊名的拼写不够标准化而引起的统计误差与系统误差(Rice 等 1989)。但是,正如上述作者指出的,对于我们将在此文中利用的这类期刊而言(其总引文的大多数都包含在 JCR 中),这些误差效应不显著。





## 第1节 “引用”与“被引”作为静态模式的变量

借助静态测度  $H$ , 对期刊-期刊引用矩阵可以计算出引用模式与被引用模式的期望信息量, 计算结果可依据其交互信息而加以评估。(后文将讨论依据矩阵的组分进行矩阵分解的情形。)对于1984年的矩阵, 可以得出如下结果:

$$H(\text{引用}, \text{被引}) = 5.667 \text{ 比特}$$

$$H(\text{引用}) = 3.457$$

$$H(\text{被引}) = 3.173$$

由此可得:

$$H(\text{引用}|\text{被引}) = 2.493$$

$$H(\text{被引}|\text{引用}) = 2.209$$

$$T(\text{引用}, \text{被引}) = 0.964$$

$$\frac{H(\text{引用}) - H(\text{引用}|\text{被引})}{H(\text{引用})} = 27.9\%$$

$$\frac{H(\text{被引}) - H(\text{被引}|\text{引用})}{H(\text{被引})} = 30.4\%$$

这表明, 引用模式作为被引用模式的预测器比被引用模式作为引用模式的预测器的效果要强10%(参阅 Leydesdorff 1993c; 又见第12章)。“被引用”与“引用”之间的交互信息对于预测不确定性的相互减少量只达30%的量级。人们可能已预料到, 这两种模式在很大程度上是相互决定的, 但是在数据中出现了明显的分组。每个子集内含有很高的交互信息, 但是在子集与子集之间几乎是没有任何交互作用。

因此, 这一结果引出了一个问题, 那就是我们是否也可以利用统计分解分析来推断期刊的分组。当然, 这又返回到导致了不同形式的多变量分析(如聚类分析)之发展的几个主要问题。第一,

我们认为什么比较相似？什么不太相似？即相似性的标准是什么？第二，我们应采用会聚型聚类分析技术还是采用分离型技术？我们应关注那些显示出强图的样本间的双值关系还是关注关系模式？

## 第2节 聚类分析

### 1. 会聚型聚类

一个简单的会聚型聚类算法，就是把两个非常相似的分布（行、列等）合为一个类，所谓非常相似，即两个分布相互间具有与下列讯息相关的最小  $I$  值：将一个分布转换为另一个，随后反复这一过程。在每一步，这一算法都找出最强图式<sup>〔1〕</sup>。

图 9-1 以树状图形式表示 1984 年 13 种化学期刊引用模式的聚类结果。由于起始步骤并未隐性地要求构建一个对称的相似性（或不相似性）矩阵，因此，树状图的叶并不必相互等同。垂直距离含义丰富地表示在每一个样本中聚类的期望信息值。

图 9-2 是利用瓦尔德（Ward）分析模式，对作为相似性测度的皮尔森相关系数进行聚类<sup>〔2〕</sup>而得出的。如果将图 9-1 的结果与图 9-2 的树状图进行比较，就会发现其定性级次与“物理化学”聚

---

〔1〕但是， $I_{ij}$ 一般不等于  $I_{ji}$ ，因此，可能出现（实际上在 JACS 与“有机化学”与“无机化学”聚类的关系上就出现了）这样一种情形，尽管两个样本形成了强图（意味着相互间具有最小的、与彼此转换相关联的  $I$  值），但是第三个样本可以将两个  $I$  值中的一个值与一个中间值结合起来。如果发生那样的情况，则我们在聚类过程的同一步中将这第三个样本也合并进来。

〔2〕聚类分析以其选择项的增多为特征，这是由在相似性标准与聚类算法中进行选择的多种可能性所产生的。与之相应，结果会非常不同。通过将瓦尔德分析模式与皮尔森相关性矩阵结合起来，我常常找到因子分析结果的最佳图形表现，不过，由于形式化的原因，这种结合是不允许的（参见 Leydedorff 和 Zaal 1988）。

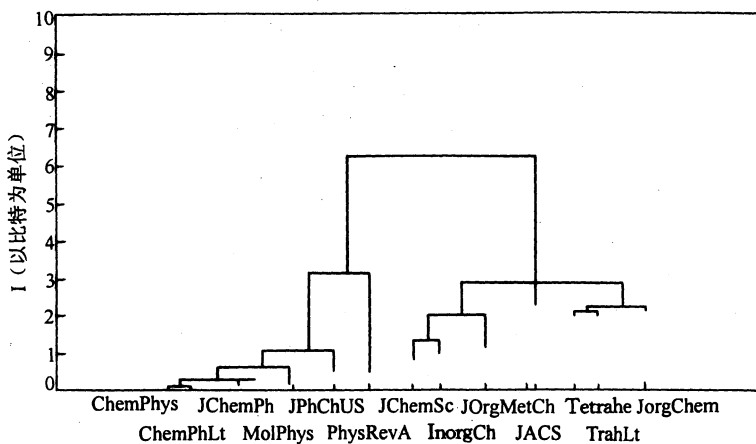
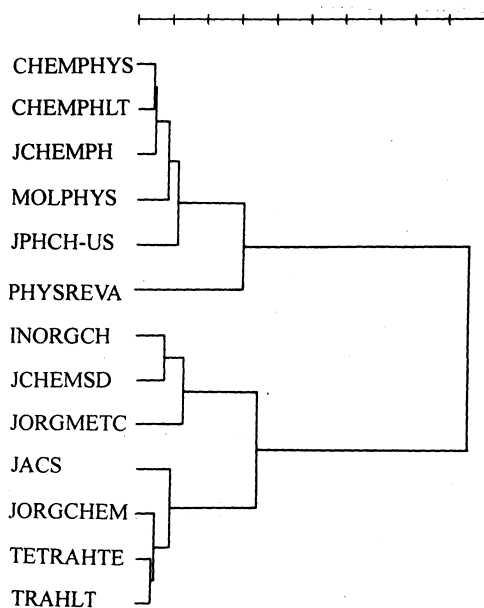


图 9-1 1984 年 13 种化学期刊引用模式的会聚型聚类

图 9-2 · 13 种化学期刊引文模式的聚类分析  
瓦尔德分析模式, 皮尔森相关系数

类相同。但是, JACS 位置的复杂性在图 9-1 中看得一清二楚, 而在图 9-2 中看不出来。在前一个图中, JACS 与“有机化学”聚类的联系只比与“无机化学”聚类的联系稍稍强一些。

## 2. 分离型聚类

因为会聚步骤在形式上是等价的, 所以, 根据会聚程序无法决定应该区分出多少类来。但是, 人们想要知道 JACS 是否应该算是“有机化学”类的一部分, 或是将它作为一个独立的样本来处理。假如做后一选择, 那么对《物理评论 A 辑》怎么样处理呢? 因为它与“物理化学”聚类的分叉距离(以比特为量度)比 JACS 与“有机化学”聚类核心部分的分叉距离还要大。难道我们不能利用分离型聚类借助统计分解规则直接划分类群的方式, 找到一个更严格的分组标准?

如何选择类群、因子、组别、维度等的数目是多变量分析的一个普遍性问题。如果没有先验的理论因由(比如探索性地试用一些方法的情形), 这样的决定往往随意性较强。在因子分析中, 对分布图的视觉检查或者以某些本征值为截止点是常见的做法。在聚类分析与多维缩放中, 根据视觉检查来进行决策是常有的事<sup>[1]</sup>。

统计分解分析给这一问题提供了直接答案, 原因在于分解的形式化程度是很高的。如同第 7 章所提及的, 将一个集合分解成  $g$  类, 可用下列公式来描述:

$$H = H_0 + \sum_g P_g H_g$$

其中,  $H$  是集总分布的期望信息量(概率熵),  $P_g$  是每一类的概率, 这些类作为子集的不确定性等于各自的  $H_g$ 。“中间群组熵”值

---

[1] 在文献计量学中, 斯莫尔与斯威尼(Small 和 Sweeney 1985)提出了“变量层次的聚类”, 其实质是使聚类层次适应相关聚类的密度, 因此形式标准的寻找就被程序性标准的寻找所替代。

$H_0$  是在子集层次上的主导特性的测度,因此用它作为聚类质量的测度应该是可行的。

上述等式的右手项等于变量( $n$ )在组合变量( $m$ )条件约束下的熵值: $H_{(n|m)}$ 。因此,左手项  $H_0$  等于  $H_{(n)} - H_{(n|m)}$ ,它是变量  $n$  的不确定性,不可归因于群组内的不确定性,换句话说,不可归因于组合变量  $m$  给变量  $n$  的传递(交互信息)。传递量越大,群组间的不确定性的减少量越大,因此依其分布的同质性而言这些群组越佳。但是,按定义:

$$H_{(n|m)} = H_{(n,m)} - H_{(m)}$$

因此

$$H_0 = H_{(n)} + H_{(m)} - H_{(n,m)}$$

这意味着,如果我们增加另一群组(类、因子,等),那么  $H_0$  的增量就由两部分组成,一个是仅取决于组合变量的部分  $H_{(m)}$ ,另一个是取决于变量  $n$  与  $m$  之间的相互作用的部分( $H_{(n,m)}$ )。于是问题就变成:变量  $m$  要取何值,函数  $\{H_{(m)} - H_{(n,m)}\}$  会达到最大值,从而  $H_0$  也达最大值? 尽管这一问题可以利用微积分  $d\{H_{(m)} - H_{(n,m)}\}/d_m = 0$  来求解,但是我们可以尝试利用一个更直观的方法来求解这一问题。

如果我们将一个群组划分为两个子群  $i$  与  $j$ ,利用  $H_{ij} = H_0 + P_i H_i + P_j H_j$ ,  $H_{ij}$  总量可能比  $H_i$  与  $H_j$  两者都大,或者比其中一个大但比另一个小。(这两个子群不可能都比  $H_{ij}$  大,因为‘中间群组’ $H_0$  必需大于或等于 0。)对于  $H_i < H_{ij} < H_j$  的情况,相应于把高于平均值的异质样本排除掉,使之成为一个单独的子群,因此这一新的子群具有更大的不确定性,而余下的子群比原先的群组更为均一化。这种情况总是有可能的,但是它还不是聚类,因为聚类意味着两个子群的不确定性都减少。因此,我们可以将“分离型聚类”定义为这样一种情形,即两个新子群都比未分离的群组具有更小的期望信息量。

注意,上述划分的理由仅仅是根据分解公式的右手项( $\sum_g P_g H_g$ )。左手项( $H_0$ )的数值既对分组的数目敏感(因为每一次划分都给  $H_0$  一个增量,除非划分开的两个群组具有相同的  $H_g$  值),也对在给定群组数目时将样本划分到群组中去的归类质量敏感。但是,这两个问题即(1)关于群组的数目与(2)关于样本至群组的归类,可以在上述等式中两个项给定的情况下分开研究。

$n$  种样本归类到  $m$  个群组( $m < n$ )的可能数目会随着样本数目与群组数目迅速增加,以致于对所有可能的组合进行系统比较就意味着要进行很繁琐的计算。实际上,对数据的这类重复性运算——这正是信息论的特征(Krippendorff 1986)——可以用 DO-WHILE 环来编程完成。

首先,我们研究一下,将样本中的任何一个分开,是否会形成两个子群,两者都具有比总  $H$  值小的  $H_g$ 。如果是这样,我们以产生最大  $H_0$  的样本起步,系统地评估一下其他样本加入这个子群是否导致  $H_0$  的进一步增大,等等。一旦我们研究了所有可能性并决定了划分成两个子群的最佳方式,那么就可以分别对两个子群重复这个分析过程。

在依据矩阵的总和对  $H_0$  进行归一化之后,一个树状图就可建立,这个图在两个方面都很精确:一个是节点间的垂直距离,一个是划线的位置,在此线之上的进一步划分所形成的子群的熵值并不会同时比其各自的集总熵值要小。在图中这一水平就对应于  $H_0$  最大值。

图 9-3 与图 9-4 分别表示引用模式与被引用模式的树状图。点划线代表那么一个熵值水平,在此线之上进一步分组反而效果更糟(即,会导致总  $H_0$  的减少)。由这两个图,我们可以得出结论,即存在着一个对聚类有意义的细分类,我们把它看作是“化学物理学”聚类;但是,这一细分类作为“被引用”与“引用”的情形是

有些不同的。无论是看作“被引用”还是“引用”,《有机金属化学杂志》都必须被看作是孤立的,从“被引用”模式看,“无机化学”整个聚类似乎都瓦解了。但是,沿着两个轴来看,现在 JACS 不可改变地归属于“有机化学”聚类。(如上所述,分离型聚类的主要局限在于,每一样本必须归于唯一的一个群组,采用会聚型聚类与因子分析法所能显示出来的群组间位置的细节,用此法无法揭示。)

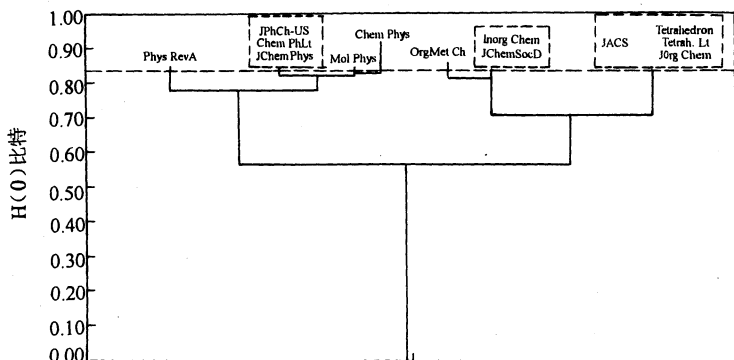


图 9-3 13 种化学期刊的引用模式的分离型聚类

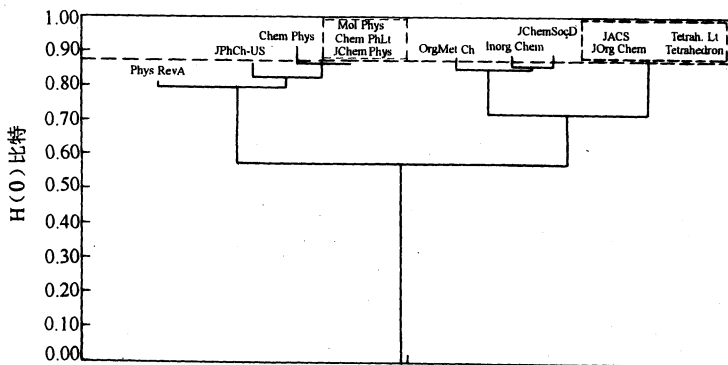


图 9-4 13 种化学期刊的被引用模式的分离型聚类

作一总结,我们可以得出结论,依据可分性,对“引用”和“被引

用”两种模式的精确聚类导致我们分别区分出七个与八个子群。“被引用”模式比“引用”模式分得更细。有趣的是,沿着这两个维度(图 9-5)回顾一下各自因子分析的点分布图:依靠后见之明,我们看到“被引用”模式比“引用”模式中存在更多组分,但是,这些差异是在分布图的点线之内,因此对因子分析而言将被认为是无关的<sup>[1]</sup>。但是,在因子分析中,我们的主要目的是根据相关因子的数目来减少复杂性,而在分离型聚类分析中,我们研究可分性自身。

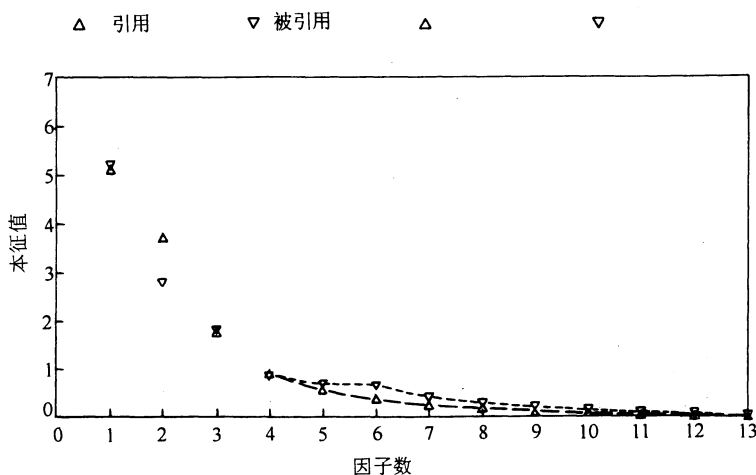


图 9-5 点分布图本征值引文模式(引用与被引用)

如果我们在本矩阵的引用模式中强制一个四因子解,则《物理评论 A 辑》仅对该因子产生明显负载(表 9-3)。JACS 仍保留其学科间的位置。随后,在五因子的情况下,《有机金属化学杂志》主要对该因子产生负载。随着因子数目超过四个,在间接解中因子复杂性与因子模式相关性也相应增加。概括起来,我们可以得出结

[1] 在 SPSS 中默认因子分析形成一个三因子解。



论,《物理评论 A 辑》在矩阵结构中沿着该轴构成了第四个要素。但是,在用 SPSS 进行的因子分析或者前一小节所述的两个树状图中,这一点并不是明显可见的。

表 9-3 13 种“化学期刊”的引用模式的因子分析

最大方差旋转——Kaiser 归一化;4 个强制因子

因子	本征值	变量的百分比(%)	累计百分比(%)
1	5.103 38	39.3	39.3
2	3.716 24	28.6	67.8
3	1.749 90	13.5	81.3
4	0.886 57	6.8	88.1

通过 5 次迭代收敛成的最大方差

旋转因子矩阵:

	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
CHEMPHLT	0.970 34	-0.042 10	-0.057 48	0.043 97
JCHEMPH	0.958 62	-0.094 72	-0.077 15	0.104 14
CHEMPHYS	0.946 09	-0.124 97	-0.134 81	0.026 94
JPHCHUS	0.845 04	0.168 57	0.115 24	-0.024 27
MOLPHYS	0.836 78	-0.172 93	-0.190 56	0.053 71
TETRAHE	-0.089 78	0.979 21	0.128 86	-0.077 22
JORGCHEM	-0.080 07	0.956 70	0.166 71	-0.060 99
TRAHLT	-0.151 85	0.954 05	0.044 16	-0.096 32
JACS	0.190 66	0.787 32	0.529 07	0.013 18
JCHEMSC	-0.129 14	0.016 97	0.922 57	-0.091 78
INORGCH	0.042 24	0.242 07	0.872 31	-0.001 75
JORMETC	-0.194 36	0.193 02	0.70483	-0.141 36
PHYSREVA	0.092 25	-0.138 80	-0.166 57	0.968 95
因子:	'chem. phys' 'org. chem' 'inorg. chem'			

### 3. 认可性用途

在一个认可性方案设计中,我们可以更详细地研究关于该矩阵的一些问题。例如,我们不妨进一步研究该矩阵引用模式中 JACS 的“学科间”位置。为此,我们必须详细地研究图 9-1 树状图的右叶,它包含“无机化学”与“有机化学”这两类期刊的引用模式。可以提出种种问题,如 JACS 是否应该被看作孤立的,或是看作“有机化学”聚类的一部分,等等。

表 9-4 列出了相对不同选择的有关  $H$  值。可以得出结论,按照子群的  $H$  值应比集总的  $H$  值低这一标准,我们应将本集合看作只有两个期刊子群: $H$  总量( $=2.708\ 8$  比特)比“有机化学”子群的  $H$  值( $2.413\ 7$  比特)或者“无机化学”子群( $2.553\ 4$  比特)要大。

表 9-4 与图 9-1 树状图右叶相关的  $H$  值

1 个群组	2.708 8
“无机”	2.553 4
“有机”	2.413 7
“有机”-JACS	2.110 1
JACS	2.430 4

将“有机化学”子群进一步划分为两个组,即一个是独立的群组(只包含 JACS),另一个包含《有机化学杂志》、《四面体》与《四面体通讯》,从而导致 JACS 的  $H$  值为  $2.430\ 4$ ,大于原先得出的“有机化学”群组整体的  $H$  值( $2.413\ 7$ )。这意味着在 JACS 这一子群中不确定性增加了;因此,为了与上述探求式分析的结果一致,这个假说应该被拒斥。

作为另一选择,假设有 3 个子群,将 JACS 归于“无机化学”子群,则得出的  $H_0$  值( $0.714\ 4$  比特)仅比归于“有机化学”子群( $H_0$

=0.717 0 比特)的结果略小一点。因此,在本分析中也一样,JACS与“有机化学”的关系比与“无机化学”的关系更为密切一些。但是,差异是可忽略的。JACS处于“有机化学”与“无机化学”之间的这种复杂位置,通过会聚型聚类(图9-1)中可明显看出,在因子分析(表9-3)中这个复杂位置表现为因子复杂性,但是在分离型聚类结果中却隐约不显,因为那时每一个样本必须归于一个特定的群组。

### 第3节 图与团

上述聚类之分解是根据引用模式或者被引用模式进行的。就二维矩阵 $H_{ij}$ 来看,我们仅沿一维即 $i$ 或者 $j$ 来分别划组。但是对于双变量矩阵的情形,我们也可以通过一个研究方案来研究 $H$ (引用,被引用)以及在两个维度上分组的效应。

与上述每一维度的分析相类似,我们可以研究传递 $H$ (引用| $a$ ,被引用| $b$ ),此刻 $a$ 与 $b$ 两者均是组合变量。以这种方式将双变量数组进行分组有可能将关联进路(源自图表与团分析)与依据结构等效性(即本征向量)的进路整合为一个概念框架。

就让我利用图9-6中描述的简单矩阵来对此加以解释。主成分分析,当然还有因子分析和聚类分析,是基于对行或列的分组。但是,假如我们提出例如这样的假说:1与2形成一个团,我们会期望单元 $11+12+21+22$ 当与所有其他单元总和相比时可形成一个强“聚类”。对于这两个群组(其中一个假定形成了一个团,剩下的成另一组)来说,我们可以计算出一个 $H_{ij}$ 值与一个 $P_{ij}$ 值,经过适当加权以后就可以计算出一个 $H_0$ (从整个集总的 $H_{ij}$ 中减去一个量而得到)。

重复一遍, $H_0$ 是聚类数目给定(在本例中是2)的子集特性的直接量度。但是,这个聚类可以由该矩阵中的任一部分组成,并不

11	12	13	14
21	22	23	24
31	32	33	34
41	42	43	44

图 9-6 说明性的示例矩阵

必是由行或列构成的集合,这样我们可以将每一单元的数值分别归于假设的子集与总和中,并因此计算出一个  $H_0$  值。由于与上述相同的理由,我们能够把增加聚类(团)数目对  $H_0$  值的效应与给定聚类数目时进行的更佳分组对  $H_0$  的效应区分开来。

注意,不必只决定那些关于对角线对称的群组,因为利用这些公式我们可以沿着两个维度独立地变化。我们也可以决定,不将对角线元素纳入聚类,或者将它们当作一个独立的群组。此外,在  $i$  与  $j$  中不对称性的利用也为本分析中“弱”图与“强”图之间的区分留有空间。强团与相互的双值关系相对应,因此在本框架中,它们只能根据两个变量  $i$  与  $j$  (二者具有相同的取值范围(即  $n < i < m$  且  $n < j < m$ ))来操作化。

尽管前面的分析暗示着,“结构等价”的概念是因子分析与主成分分析概念的基础,本分析则回答了有关图之间关系的问题,因为在社会网络分析中已将它们与前面的分析区分了开来(Freeman 1978; Burt 1982)。

关于 1984 年矩阵的分析,我现在将讨论限制在这样一个问题上,即我们依据结构等价从 13 种期刊中识别出的四个主要群组,是否对应于这个网络的四个团(但是,为了寻找矩阵中 4 个团,我

们必须允许有 5 个群组,因为对角线外的元素构成了一个剩余组)。

依据图形分析,化学物理学/《物理评论 A 辑》组分离成了两个具有最大组内密度的团,其中一个由《化学物理学》、《化学物理学通讯》与《化学物理学杂志》组成,另一个由《物理评论 A 辑》、《分子物理学》与《物理化学杂志》组成。具有最大  $H_0$  值的归类在表 9-5 中以粗体字表示。注意与依据引用与被引用模式的上述分析结果的差别:作为一个团,三种刊名含有“化学物理学”的期刊组是一个团,而它们的引用与被引用模式与《分子物理学》及《物理化学杂志》具有更多交互性。作为一个团,后面这两种期刊与《物理评论 A 辑》一起构成了一个图。

在表 9-5 中, $H_0$  值是根据关于 JACS 归于矩阵内另一部分的“有机化学”期刊组这一上述分析中的初始假设而得出的。但是,如果依据团分析,将 JACS 归于“无机化学”组,则  $H_0$  值进一步增加了 0.026 8 比特,达到 2.135 2 比特。显然在本分析中,后一分组比把 JACS 归入“有机化学”期刊更好。如上所述,我们可以改变在两个维度上的归类,也可以就 JACS 的引用与被引用模式对其进行不对称分组。(但是,那样的话,我们就必须对对角线数值进行修正。无论如何,可以站在实际立场上对于忽略对角线数值的做法之是非开展争论。)<sup>[1]</sup> 可以表明,将 JACS 引用模式归于“无机化学”组,而将其被引用模式归于“有机化学”组,导致  $H_0$  值进一步增加了 0.030 4 比特;与此相比,将被引用模式归于“无机化学”组,引用模式归于“有机化学”组,仅使  $H_0$  值进一步增加了

---

[1] 关于期刊-期刊引文矩阵中对角线数值的效应的讨论:参见 Price 1981; Norma 1982; Todorov 和 Glänzel 1988。

0.0255 比特<sup>[1]</sup>。

表 9-5 依据  $H_0$  信息比特值对“化学物理学”与《物理评论 A 辑》组的团分析

	$H_0$
5 种“化学物理学”期刊 )	1.998 2
Phys Rev A )	
....(中间值的不同组合)	
<b>Chem Phys + Chem Phys Lt + J Chem Phys )</b>	<b>2.108 4</b>
<b>Phys Rev A + Mol Phys + J Ph Ch-US )</b>	
Chem Phys Lt + J Chem Phys )	2.107 7
Phys Rev A + Mol Phys + J Ph Ch-US + Chem Phys )	
Chem Phys + Chem Phys Lt )	2.035 8
Phys Rev A + Mol Phys + J Ph Ch-US + J Chem Phys )	

总之,在 4 个团中的分组显示, JACS 处在“无机化学”与“有机化学”组相交会的不对称十字路口。此外,一个刊名中含有“化学物理学”的专业期刊群组被区分出来了。注意,利用伯特(Burt 1987)的程序 STRUCTURE(见图 9-7)进行团(或者凝聚)分析,都没有出现这些结果。

[1] 蒂吉森等(Tijssen 等 1987)提出,采用(准)对应分析法来研究不对称性和在单幅图示中表现结构地图。参见雷迭斯多夫(Leydesdorff 1991c)关于测量不对称性的信息论指标的进一步讨论。

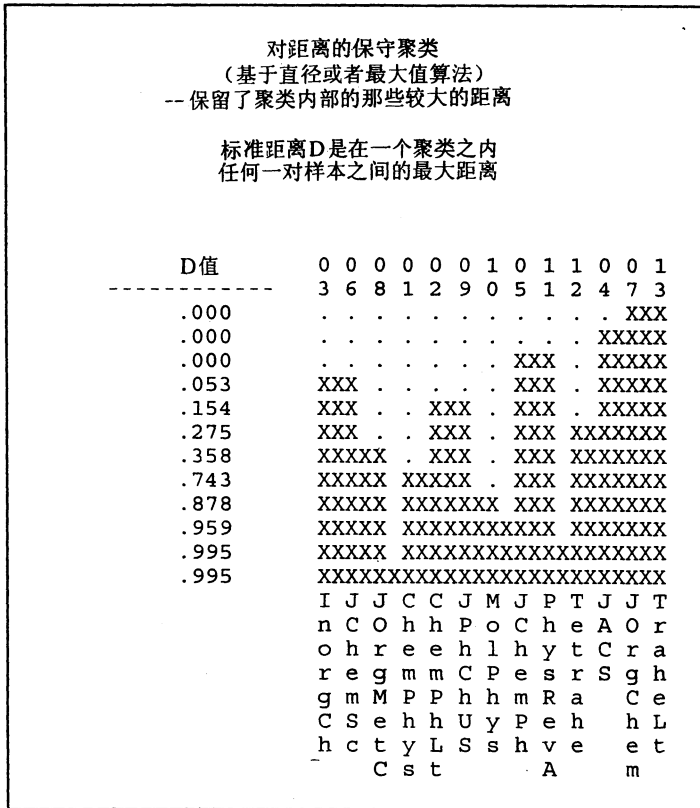


图 9-7 利用 STRUCTURE 程序对引用模式的凝聚分析

## 第4节 动态分析

现在我们除了对前文所用的 1984 年矩阵进行分析以外,将分析扩展至 1981 年与 1987 年的类似矩阵。从动态观点来看,我们并不把“时间”或“年度”当作又一个与其他变量一起共变的变量。相反,我们在事件(事件的集合)之间进行比较。在本例中,这些事

件是指上述三年即 1981 年, 1984 年与 1987 年的每一年的双变量概率分布(即矩阵)。下列问题将被提出:

(1)变化的总模式是什么?

(2)我们如何依据引用与被引用模式以及团来分解这个总模式?

(3)我们如何对这些模式进行最佳分析? 是多变量变化还是单变量变化占主要地位? 是结构在变化, 还是仅仅构成要素在变化?

## 1. 变化模式

表 9-6 显示了不同年度  $I_{ij}$  的总值。记住, 这是一个引用模式与被引用模式之变化的总结性指标, 因为这两个模式都包含在每个原始矩阵中。

这一非集总测度告诉我们, 1981 年与 1984 年引用模式之间的总动力学值(54.3 毫比特)是 1984 年与 1987 年之间的相应值(18.0 毫比特)的 3 倍。上三角的值无论是单元值还是其总和( $\sum = 153.0$  毫比特), 都比下三角总和( $\sum = 119.4$  毫比特)要大, 这表明, 将时间轴放进来比较, 与在时间轴上进行比较相比, 总体上我们获得了更多信息。

这一差异完全归因于 1981—1984 年时段, 而与 1984—1987 年时段无关: 这一结果表明, 矩阵中出现偏离随机性的漂移, 即, 在 1981—1984 年期间矩阵的组成要素中比较显著的特征化与分化<sup>[1]</sup>, 在后几年停顿了。

---

[1] 在先验分布等概率的情况下,  $I$  值等于熵值被后验分布减少的量(与原初(最大)值相比)(Theil 1972; 又见第 8 章)。



表 9-6 不同年度矩阵的期望信息值

单位:毫比特

后验 先验	1981	1984	1987
1981	* * * *	54.3	81.7
1984	38.7	* * * *	18.0
1987	62.7	18.0	* * * *

我们应该从哪里寻找这些变化之源? 两个矩阵中两个对应单元  $f_{ij}$  的差, 可以在归一化为相关的频度  $q_{ij}$  与  $p_{ij}$  之后, 转变成为一个  $\Delta I_{ij}$ 。每两个矩阵之间的总  $I_{ij}$  是完全可按这些  $\Delta$ s 进行分解的。只要我们依据每一矩阵的总和进行归一化, 任一对应子集的和就可以直接比较。包含  $\Delta$ s 的“信息矩阵”显示出对仅仅两个矩阵之间的差值的转化。

一个用于比较子集的信息准则, 便是对  $I_{ij}$  的贡献值的符号, 即子集  $\Delta$ s 的总和对总  $I_{ij}$  的贡献。正如第八章所述, 如果  $q$  值比对应的  $p$  值小, 则  $\log$  值为负值, 如果  $q$  值比  $p$  值大则为正值; 因此, 每一单元以及每一子集的符号是那一单元或子集的权重相对增加或减少的直接指标。(注意, 全组的  $I_{ij}$  必须是正值或是零 (Theil 1972, 第 59 页之后)。) 这意味着我们可以利用各自的求和来直接测量子集间的动态变化值。

例如, 如果我们要比较引用模式的动态变化, 我们可以将各列的  $\Delta$ s 值加和; 如果我们要比较被引用模式, 我们可以将各行的  $\Delta$ s 值加和; 如果我们想比较前文中定义的团, 我们就可以仅将相应的行与列的  $\Delta$ s 值加和, 并且比较对总  $I_{ij}$  的相对贡献。此外, 我们也可以利用两个加和的相减, 分析每个子集中对角线外元素与对角线上元素之间的差值。

总之, 具有  $\Delta I$  值(可以根据代表网络要素的任何两个矩阵的差值计算出)的矩阵可以用于回答关于不同维度上的聚类与图形

之动力学的许多问题。比较此处所研究的三个矩阵,导致产生三个这样的  $\Delta$  值矩阵,一个对应于 1987 年与 1984 年数据的比较,一个对应于 1984 年与 1981 年数据的比较,一个对应于 1987 年与 1981 年数据的比较。

## 2. 13 种期刊间的关系的动力学

让我们现在关注沿着时间轴的动力学,将作为先验分布的 1981 年数据与作为后验分布的 1987 年数据做比较。由表 9-6(上文)我们知道,1981—1987 年期间总变化量等于一则含有 81.7 毫比特信息的讯息。依据每一种期刊的引用与被引用模式对这 81.7 毫比特的分解列于表 9-7。

表 9-7 1981—1987 年期间期刊-期刊引文模式变化的期望信息值之分解

引用		被引用	
J. Phys. Chem.-US	74.2 毫比特	J. Phys. Chem.-US	47.1
J. Chem. Phys	47.0	Phys. Rev. A	38.1
Phys Rev A	30.9	Mol. Phys.	30.0
Tetrah. Lt	13.8	Chem. Phys. Lt.	15.0
Chem Phys Lt	9.7	Tetrah. Lt	11.1
J. Chem Soc. Dalton	-0.4	Chem. Phys.	6.1
Mol. Phys	-7.0	Tetrahedron	2.1
Inorg. Chem.	-8.0	J. Org. Chem	1.4
J. Org. Chem.	-8.2	J. Chem. Phys.	1.4
Chem. Phys.	-11.2	J. Chem. Soc. Dalton	0.4
Tetrahedron	-12.1	Inorg. Chem.	-2.4
J. Org. Met. Chem.	-15.6	J. Org. Met. Chem.	-14.1
JACS	-31.4	JACS	-54.5
	(81.7)		(81.7)

每种期刊的两个数值也可用作表现引用模式动力学的地图的坐标(图 9-8)。在每一维度上,期望信息量方面的零增长(或零损耗)意味着该期刊的模式在所研究的期间是稳定的;正值意味着对各自模式的相对贡献有增长,而负值意味着有损失。因此,相对该期刊集而言,第一象限点所代表的期刊在两个维度(“引用”与“被引用”)的重要性均有增加,而第三象限的点所代表的那些期刊的重要性减小。

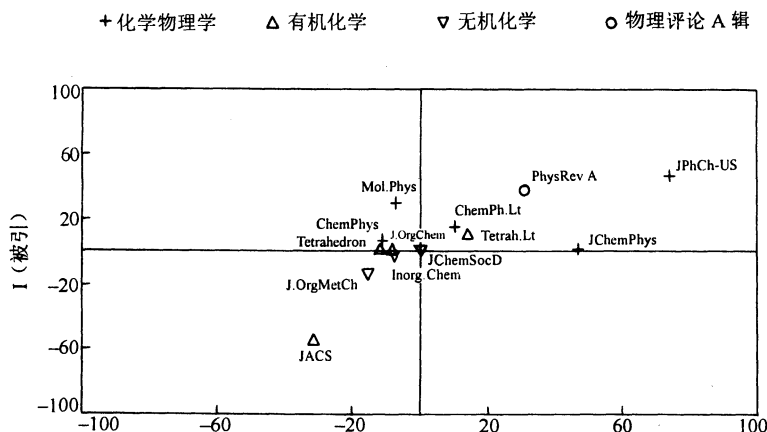


图 9-8 13 种化学期刊 1981—1987 年期间引文模式的动态分析

注意,与期刊的“影响因子”(Garfield 1979)与“影响权重”(Narin 1976)以及其他这类指标(Todorov 和 Glänzel 1988)不同的是,这些数值是多变量的、动态的,而其他那些指标是基于比较性静态分析的时间序列点,即针对各年度分别计算出来的数值。在那种情况下,每一指标的时间序列值是按时间轴单变量地绘出的,而我们在这里能够以多变量方式观察到动态过程,即包括了交互作用项。

让我用一实例来解释一下,指标的时间序列与该动态分析之间的差别。可以将因子分析的解与二维数组的多维缩放进行比

较,就像把一个方块切成片,然后再将结果进行内推。在这种情况下,可以找到稳定模式,尤其是在图形的“有机化学”与“无机化学”部分,只在因子的本征值方面有变化。举例来说,图 9-9 表示 1981 年与 1987 年数据的多维缩放解在两个维度上的叠加:通过绕着原点旋转,这两个图形几乎重合。但是,从对图 9-8 的视觉检查来看,很明显该矩阵的主要效应是, JACS 作为核心期刊对引用模式与被引用模式的相对贡献都减少了。但是,在图 9-9 中, JACS 的位置几乎是完全稳定的!

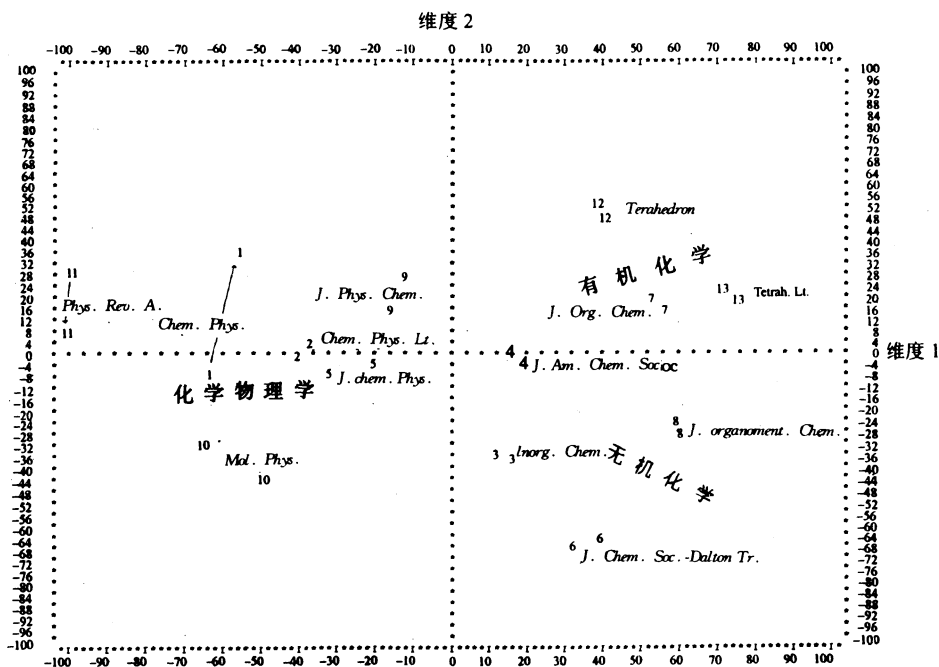


图 9-9 13 种化学期刊 1981 年与 1987 年叠加的多维缩放图 (MINISSA)

对  $\Delta I_s$  数值矩阵的进一步分析(见前文)告诉我们,比较专业化的期刊,尤其是本集合中的“化学物理学”与“物理化学”部分,在

数据矩阵中以 JACS 的失势为代价而增大了权重。如果我们只关注“有机”与“无机”子集(排除 JACS),那么“无机”子群相对本集合而言“损失”最大。但是,从引用行为来看,在矩阵的“化学物理学”与“物理学”部分引文的扩张,较之矩阵的其他部分中“有机化学”仅仅与“无机化学”与 JACS 相比较而言的相对增长,在数量上要更加重要。

对矩阵这一部分即化学与物理学的交界处的更详细的分析告诉我们,刊名中含有“化学物理学”的期刊在其自身之间(作为一个团)已失去了凝聚力,因此也已出现整合到其他“物理学”期刊群之势。从被引用模式与引用行为来看,“物理学”期刊群对总变化量的贡献的增长量是最为重要的。

利用所有单元  $\Delta_s$  值的矩阵之方法的主要优点是,无需进一步假设,只要对任一子集的贡献直接加总,我们就可以得到一个信息更丰富的图景。

## 第5节 预测修正

除了对两个矩阵之间的关系进行研究以外,我们还可以提个问题:如果利用中间数据来修正预测,那么根据先验矩阵对后验矩阵所做的预测是得到改进了还是更为糟糕了,改进或恶化的程度又是如何。这一方法的重要性还在于:它给我们提供了测试基础,以测试是否应该将中间数据仅仅当作处于前后样本之间的一个样本,还是说该数据含有额外信息,所以值得专门给以分析。如果有人想依据不可逆性与路径依赖性重构行动的路线,例如,在科学技术元勘中就常常有这样的要求,则此方法提供了一个特别有用的工具。

在第8章,关键修正被定义为:修正不仅是正值,而且满足下列不等式:

$$I(q:p) - P(q:p') > I(p':p)$$

或者  $I(q:p) > I(q:p') + I(p':p)$

即根据期望信息值来看,经过修正的信号路径比信号直接从前一事件传递到后一事件更为高效。在这种情况下,就可以认为修正是一个辅助发送器,放大了来自原初发送者的信号。因此,接收者也就不再需要监听原初发送者的信号。

如果我们将这一推理应用于将“1981年”数据作为先验分布、“1987年”数据作为后验分布的情况,那么“1984年”数据作为预测修正就满足这一不等式。(利用表 9-6,可知 81.7 大于 54.3 + 18.0;而在相反方向,62.7 > 38.7 + 18.0 也成立。)因此中间年度“1984年”将从“1981年”到“1987年”的信号放大了,而且反过来也成立。换句话说,当利用 1984 年数据预测 1987 年数据时,1981 年数据不再有意义。这显示出了马尔科夫特性,这一特性在系统论中是尽人皆知的:如果一个系统的将来行为不是由其先前历史决定的,而是由其现状所决定的,那么就说该系统具有(一阶)马尔科夫特性。

因此,该数据提示我们,数据集的总变化量不只是其组分的变化之和<sup>[1]</sup>。可被视作较低层次上的单元间的关系之网络的东西,也可被看作一个更高层次上的系统。此处,我们开始考察网络分析与系统动力学建模之间的关系。

## 第 6 节 预测

除了对网络数据作动态分析外,将  $I$  值用作动态发展之测度使得人们有可能在多变量情况下根据时间序列数据做出最佳预测。为了得到单变量时间序列分析的信息论等价物(下一步我们

---

[1] 预测修正值也是可以针对矩阵子集进行分解的。但是,在期刊-期刊引文数据中,行与列的  $\Delta I$  值没有一个在 1981—1984 年与 1984—1987 年期间改变符号,不过并非在所有分解了的情形中都未改变符号,如果 1984 年中间数据对于根据 1981 年数据得出的预测是一个关键修正的话(关键修正是指上文讨论过的不等式成立)。

将推广至多变量情形),我们必须利用下列等式将  $m$  年度至  $n$  年度之间的时间序列数据转换成概率分布:

$$P_i = \frac{F_i}{\sum_{i=m}^n F_i}$$

年  $\rightarrow$

我们可以将这一分布形象表现如下:

$P_m$	$P_{m+1}$	$P_{m+2}$				$P_{n-2}$	$P_{n-1}$	$P_n$
-------	-----------	-----------	--	--	--	-----------	-----------	-------

为了将这一序列延伸至  $n+1$  年度,我们将前一序列( $m, m+1, \dots, n-1, n$ )的分布与( $m+1, m+2, \dots, n, n+1$ )序列的分布进行比较:

年  $\rightarrow$

$P_m$	$P_{m+1}$	$P_{m+2}$				$P_{n-2}$	$P_{n-1}$	$P_n$
-------	-----------	-----------	--	--	--	-----------	-----------	-------

$Q_{m+1}$	$Q_{m+2}$				$Q_{n-2}$	$Q_{n-1}$	$Q_n$	$Q_{n+1}$
-----------	-----------	--	--	--	-----------	-----------	-------	-----------

记住,最佳预测是具有最小  $I$  值的。因为除了  $n+1$  年度以外,所有年度的数据都已给出,所以对于  $Q_{n+1}$  的最佳预测将依据  $\Delta I = 0$  给构成了  $I$  的  $\sum$  的增加值:

$$\Delta I = Q_{n+1} \log(Q_{n+1}/P_n) = 0 \quad (9.4)$$

要使  $Q_{n+1} > 0, \Delta I = 0$ , 则只有:

$$\log(Q_{n+1}/P_n) = 0 \quad (9.5)$$

$$Q_{n+1} = P_n \quad (9.6)$$

由这一等式,可以推出  $n+1$  年度的变量值( $F$ ),它是同一指

标在该序列前几年度的取值的函数<sup>〔1〕</sup>:

$$F_{n+1} = \left\{ \frac{\left( \sum_m^n F_i \right) - F_m}{\left( \sum_m^n F_i \right) - F_n} \right\} * F_n \quad (9.7)$$

系数是时间序列总和减去该序列第一年度数值,再除以同一总和减去最后一年数值。

其解释是简单的:由于没有进一步的信息( $\Delta I=0$ ),我们就可以假定,时间序列数据的分布对于下一年度而言仍是相同的,只有一年差异。注意,这一假定与回归分析及时间序列分析<sup>〔2〕</sup>所隐含要求的线性(或者高阶多项式关系)假定相比要弱得多。

因为测量是非参数的,我们就无需超出原来的假设对趋势特征作进一步的假设。原先的假设是:没有任何的额外信息,我们就没有理由期望所研究的时段上的分布会发生变化,如前所述,只不过是增加了一年而已。

〔1〕 一个分布的概率是根据频度  $F_i$  来定义的,具体如下:

$$P_i = \frac{F_i}{\sum_{i=m}^n F_i}$$

$$Q_i = \frac{F_i}{\sum_{i=m+1}^{n+1} F_i}$$

但是很明显:

$$\sum_{i=m+1}^{n+1} F_i = \left( \sum_{i=m}^n F_i \right) - F_m + F_{n+1}$$

因为  $Q_{n+1} = P_n$ :

$$\frac{F_{n+1}}{\sum_m^n F_i - F_m + F_{n+1}} = \frac{F_n}{\sum_m^n F_i}$$

由此我们可以计算出  $F_{n+1}$ ,随后就可算出  $Q_{n+1}$ 。

〔2〕 在 Leydesdorff 1990 文中,对根据动态测度值  $I$  进行的预测进行了详细的讨论,并且与其他现成的统计方法,例如 ARIMA 进行了比较。



将单变量预测扩展到多变量预测是简单的。按照前文所介绍的论点,我们可以利用下图进行多变量预测:

年→

$P_{1,m}$	$P_{1,m+1}$	$P_{1,m+2}$			$P_{1,n-1}$	$P_{1,n}$
$P_{2,m}$	$P_{2,m+1}$	$P_{2,m+2}$			$P_{2,n-1}$	$P_{2,n}$
$P_{j,m}$	$P_{j,m+1}$	$P_{j,m+2}$			$P_{j,n-1}$	$P_{j,n}$

$Q_{1,m+1}$	$Q_{1,m+2}$			$Q_{1,n-2}$	$Q_{1,n-1}$	$Q_{1,n}$	$Q_{1,n+1}$
$Q_{2,m+1}$	$Q_{2,m+2}$			$Q_{2,n-2}$	$Q_{2,n-1}$	$Q_{2,n}$	$Q_{2,n+1}$
$P_{j,m}$	$P_{j,m+1}$	$P_{j,m+2}$			$Q_{j,n-1}$	$Q_{j,n}$	$Q_{j,n+1}$

同上:

要使  $Q_{j,n+1} > 0, \Delta I = 0$ , 则只有:  $Q_{j,n+1} = Q_{j,n}$

因此

$$\frac{F_{j,n+1}}{\sum_{i=m+1}^{n+1} \sum_j F_{i,j}} = \frac{F_{j,n}}{\sum_{i=m}^n \sum_j F_{i,j}}$$

但是,显然:

$$\sum_{i=m+1}^{n+1} \sum_j F_{i,j} = \sum_j \left\{ \sum_{i=m}^n F_{i,j} - F_{m,j} + F_{n+1,j} \right\}$$

于是:

$$F_{j,n+1} = F_{j,n} * \left\{ \frac{\sum_{i=m}^n \sum_j F_{i,j} - \sum_j F_{m,j} + \sum_j F_{n+1,j}}{\sum_{i=m}^n \sum_j F_{i,j}} \right\}$$

$$F_{j,n+1} = F_{j,n} * \left\{ \frac{\text{Grandsum}_{nn} - \text{Columnsum}_m + \text{Columnsum}_{n+1}}{\text{Grandsum}_{nn}} \right\}$$

因为  $n + 1$  年度的列和只是一个归一化因子<sup>[1]</sup>, 右手因子是一个常数, 因此我们可以得出结论: 根据这一推理, 对下一年度分布的最佳预测将总是目前的分布( $n$ )。也可以换个角度对此加以阐明, 即: 作为一个系统, 数据集没有记忆早先状态下单个要素的值。(正如前已提及的, 这在系统论中被称为马尔科夫特性。在下一章中我将回到这个问题)。

但是, 我们现在可以做出两个最佳预测: 一个是根据系统的单个要素的值所做的预测, 另一个是将数据集作为一个系统, 也即根据前一年的分布所做的预测。将这些预测与实际值比较, 我们能够建立一个测试基础, 以便弄清在一个系统中作为坐标的要素是否在发展变化。

既然进行这一比较, 三个矩阵似乎数据不足。于是我额外利用了 1981 年至 1987 年间所有年度的相应数据。结果总括在表 9-8 中。列表示后验分布, 行表示先验分布。期望信息值是根据单变量预测算出的。

表 9-8 单变量预测和多变量预测的比较

	82	83	84	85	86	87 后验
81	33.4	115.3	96.8	16.0	16.1	23.3
82		19.1	187.2	15.6	17.1	24.3
83			13.8	32.4	20.7	28.0
84				8.1	29.9	30.3
85					14.9	44.5
86						19.8
先验						

〔1〕对这个总和数值的预测, 举例来说, 可以通过利用前文就单变量情形述及的方法, 根据列和的时间序列计算出来。

每一列最后一个数字对应于多变量预测,因为它仅是根据上一年度而得出的。很明显,根据单变量时间序列的预测,在任何情况下都不比仅根据前一年度数据的预测有改进。因此,我们现在可以得出结论,作为单一系统,数据确实是随时间在变化<sup>[1]</sup>。

## 第7节 总结与结论

通过利用信息论测度值,我首先论述了测度矩阵中的不对称的问题,以及行与列的各自贡献。随后我提出了是否可以利用这些方法揭示出矩阵中结构的存在的问题。我已说明:首先,可以绘制一个精确的树状图,其中叶长代表(以比特信息为单位)样本之间的非对称相互距离;其次,如果“中间群组的不确定性” $H_0$ 具有最大值,则利用分离型聚类法可以确定聚类(组群、因子等)的精确数目。

对组合状况的分析(到此为止只说明矩阵的一维)随后推广到根据矩阵的两个维度进行任意组合的情形,包括作为特例的团分析。在该分析中,对矩阵的一部分(例如,包括双值关系)的分析是相对于其他部分或者剩余部分来进行的。图分析方法(“凝聚图”或“关系图”)与因子分析方法(“结构等效”法或“位置”法)可以视作多变量数组分组的一般算法的特例。

接下来的几个小节阐明了利用1981年与1987年的对应数据进行的动态分析。分析结果描绘的数据图景完全不同于对每年数据分别进行不同形式的多变量分析的结果所展示的图景。信息论测量使动态多变量系统的问题有可能获得解决,而在单一的内在

---

[1] 但是,从表9-6我们可以知道,1984年至1987年之间变化的期望信息值只是18.0毫比特,而1986年至1987年之间的变化值是19.8毫比特。因此,只是在这种情况下(而且仅适用于1987年数据),前面某一年度的数据与最后一年的数据相比会是一个更好的预测者。

一致的理论框架中,利用各种更常用的统计工具则不易分析动态多变量系统。

## 第 8 节 对于社会网络分析的意义

伯特(Burt 1982,第 9 页)在其开创性的研究中描绘了他的模式,如图 9-10 所示。注意,从“行动”发出的箭头是唯一指向“结构”的箭头,因此,结构必须依据行动(行动总体与行动模式)进行解释。显然,借用这一模式,人们只可以研究不同行动总体之间的关系,因此在该理论中,网络分析是多变量与多层次分析的一个特例;但是这一模型尚未阐明关于“结构”/“行动”相关性动力学的核心问题。

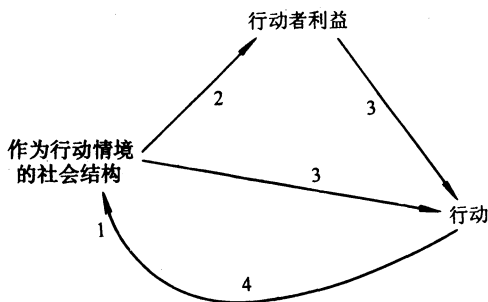


图 9-10 行动的结构理论的组成部分

(来源: Burt 1982, 第 9 页)

尽管图 9-10 中的环路意味着一个动态反馈,但就方法学来说这一模式是静态的:它是一个环路,而不是一个螺旋! 如果将时间作为另一维将该环路扩展成一个螺旋,那么这个模型就成了如图 9-11 所示的形态。但是,这是一个十分不同的模型:现在的结构有了由前一时刻的结构指向它的另一个箭头。换句话说,结构也

是自参照的。

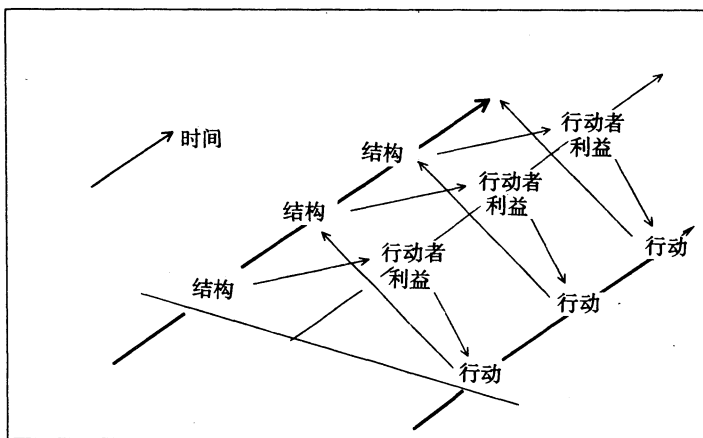


图 9-11 图 9-10 所示的结构主义模型的动态延伸：

结构制约行动；行动改变结构

因此,在社会学中,结构与行动的问题比静态模型中位置进路或关系进路的选择还要复杂一步。无论哪一进路,都还必须将多变量分析结果与动态视角联系起来。图 9-11 表明,结构对行动的决定性不足,可以概念化为一个静态的条件概率分布,而行动对结构的改变与复制永远不可能是(静态)集总的简单产物,而必须是一个动态的互相作用的产物(参见 Giddens 1984)〔1〕。

结构对行动的约束与行动对结构的影响可以被表示为条件概率分布之间的静态与动态关系。利用信息论中的不同方法可在一个框架中对这些模型加以分析。例如,就图 9-11 中的箭头来说,我们可以阐明下列问题:

〔1〕人们可能希望通过给这一图式增加更多的箭头而使分析复杂化,例如, $t_1$ 时刻的行动对 $t_3$ 时刻的结构发生影响,但未必影响 $t_2$ 时刻的中间结构,或者行动受到对作为中介变量的以往结构之感知的指导,等等。

(1)关于结构状况的知识在多大程度上减少了行动者行为分布的不确定性? 结构(例如名誉)对行动  $a$ (例如引用)在任一时刻的约束与启动作用可以被描述成  $a$  与  $s$ (行动与结构)的(多变量)概率分布之间的静态条件关系,也即  $H(a) - H(a|s)$ 〔1〕。

(2)类似地,(总体)行动对结构的效应是一个动态的条件概率关系,可以用如下公式表示:

$$I(s_{t=2}:s_{t=1}) - I(s_{t=2}|a_{t=1}:s_{t=1}|a_{t=1})$$

尽管它看起来很复杂,但是这一公式是很容易计算的。

注意,每个关系可以再分解到个别样本的层次,而且在每一层次,我们可以直接应用一些方法,例如在本章前几节中详尽阐述的方法,以便识别出聚类与团。此外,时间轴的明确引入不仅在方法学上是成果丰硕的,而且在理论上是有意义的。结构不仅仅是一个行动的集总〔2〕;正如图 9-11 中所见到的,动态概念促使我们将它们的关系重新表述成两个自参照环路之间的相互作用(参见 Luhmann 1984;Leydesdorff 1993b)。我在第 12 章将回头讨论这一模型(也见 Leydesdorff 2001)。

(吴运高 译)

---

〔1〕人们可能希望通过利用在  $t = n - 1$  时刻的  $s$ (结构)而不是  $t = n$  时刻的  $s$ (结构),将先前时刻的结构纳入本分析之中。

〔2〕参见帕森斯(Parsons 1950):“按照社会科学的观点,把社会系统当作一个独特而且独立的存在物是至关重要的,该存在物必须在其自身的层次上加以研究与分析,而不是将它仅仅作为组成为社会的个体的行动的复合物。”

## 第 10 章

# 科学技术网络中的不可逆性

法国谚语“万变不离其宗”给对发展研究感兴趣的社会科学家提出了一个问题。在现象的变化性中,在所研究的系统的结构中可能存在基本的稳定性。从而,方法论问题就是:人们能否区分开发生在系统内部的变化和系统的变化。显然,这个问题涉及到研究者所规定的系统指的是什么,即它的组成部分、它的边界以及它的操作;而且答案可能也随人们所用的时间视角而不同。然而,系统的变化与由这些定义所规定的参数内部的变化是不同的。

在科学元勘中,人们常对比较基础性的变化更感兴趣,即感兴趣的是一个假定系统的动态过程,而不是这个系统内部的动态过程。例如,在科学发展的重构中,人们也许希望集中讨论新范式(概念、现象、研究传统等)的“突现”及它们与旧传统间有时不连续的联系。这个形势的新定义在历史上是怎样出现的?新的发展应当根据突现中的综合体的内部动力学来分析,还是根据相关的历史情境来进行分析?

推广为一个方法论的问题,人们可能会问,能否制定若干准则以判断变化必须被归因于系统的发展、系统的情境,还是系统边界处它们的相互作用。我们怎样重构一个自身就在变化的环境里变化着的系统的发展,即历时的变化?人们只能对具体的案例获得一个定性的、直觉的和历史性的理解吗?还是我们能够提出形式上更强的方法来研究这些问题?

## 第1节 方法论

我在这里提出的模型系统本质上阐述这样一个问题,各包含三个“行动者”的强大的群组怎样联合成一个群组,群组之间的这种联系如何被进一步发展以至于两群组变为一个单群组系统的转换变成“不可逆的”(参见图 10-1)。

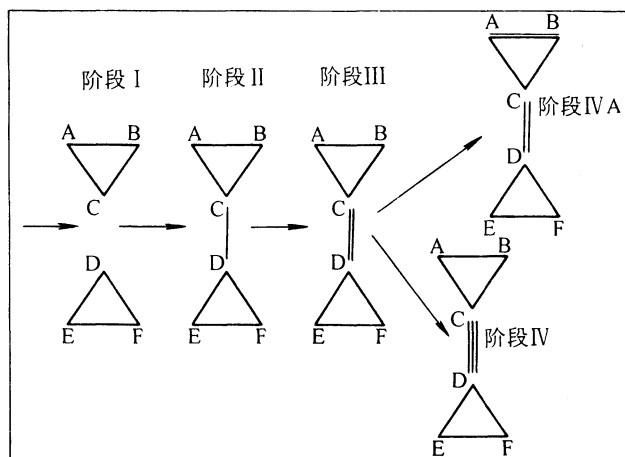


图 10-1 模型系统

这个问题本来是法国“行动者网络”进路中的一个问题的操作化。卡龙(Callon 1990)假定在技术经济网络中存在着这样的“不可逆性”。在描述了这些网络的构成之后,他提出了以下问题:

有一个问题仍待解决。不同的行动者网络是怎样聚集起来的?要知道它们并没有彼此相容的先验理由:B不接受由A给出的定义,C给了B另外一个身份……开始时是多种可能的差异,那么我怎么能解释一致性和相容性的产生?怎样解释后者的稳定性?答案涉及技术经



济网络中的趋同过程与不可逆化过程<sup>〔1〕</sup>。

卡龙(Callon 1990)主要集中于讨论网络关系及其运行的质量上(网络运行也被称为“转译”)。然而,由于这个问题表述为模型系统的一个难题,我们就可以对它作更为形式化的考察。

在以前没有联系的行动者之间突现出网络的机会是怎样的?网络突现后,会不会更有可能由它自己的运作来维持,而不是再次瓦解?存在着使网络结构趋于更明显的条件吗?如果在一个网络中形成了一个强大的链接,如两个群组之间的联系,那么,这一过程对网络进一步发展可做的选择的影响是什么?

让我们假定有 6 个行动者(A,B,⋯,F),它们之间可以彼此保持联系。最初,每个行动者可以有五个关系,总共有 15 个可能的关系( $6 \times 5 / 2$ , 即一个  $6 \times 6$  矩阵的下三角形)。让我们再来假定,在起始状态,6 个行动者被分成两个群组,(A,B,C)和(D,E,F),行动者在每个群组内部保持联系,但两个群组之间没有链接。

测度链接的基准是这样的:假定所有联系有同样的发生概率。如果所有联系有同样的发生概率,则下三角形(参见图 10-2,这个三角形此后将用于我们的计算)的总不确定性等于  $\log N = \log(15)$ ,  $^2\log(15) = 3.90689$  比特<sup>〔2〕</sup>。

现在让我们来引入这两个群组,一方面是 A、B 和 C 之间的所有联系,另一方面是 D、E 和 F 之间所有的联系。以类似的三角形形式,我们可以将这些联系写成图 10-3 中所示的那样。从矩阵来看,两个群组之间的差别是明显的。当然,人们也可以将这种情况画成两个互不相干的图形(参见图 10-1)。

与以前的情况相比,这个下三角形的不确定性已有所减少。等概率已不复存在,因为一个链接有  $6/21$  的概率,现用一个“2”标

〔1〕 同上。译自法文预印本,第 14 页。

〔2〕 同在其他章一样,以 2 为底的对数允许我们用比特来表示所有信息值。

	A	B	C	D	E
B	1				
C	1	1			
D	1	1	1		
E	1	1	1	1	
F	1	1	1	1	1

图 10-2 等概率三角形(0 阶段)

	A	B	C	D	E
B	2				
C	2	2			
D	1	1	1		
E	1	1	1	2	
F	1	1	1	2	2

图 10-3 阶段 I ;图解描述见图 10-1

明,与以前的情况相似的非链接有  $9/21$  的概率<sup>[1]</sup>。在这个三角形中的总不确定性为:

$$\begin{aligned}
 H &= - \sum_i p_i^2 \log p_i \\
 &= -9 \cdot \{(1/21) \cdot^2 \log(1/21)\} - 6 \cdot \{(2/21) \cdot^2 \log(2/21)\} \\
 &= 3.820 \ 89(\text{比特})
 \end{aligned}$$

[1] 我在这里用数值展开这个问题,假定链接间有固定间隔,因为这样论证起来要比以数学符号来论证更容易。然而问题还可以用其他方法解决,如  $x$  作为初始等概率的测度,  $y_i$  为每一次增加值的测度。

这个三角形最大熵的减少,即信息量的增加仅为: $3.906\ 89 - 3.820\ 89 = 0.086$  比特,即 86 毫比特或增加 2.2%<sup>[1]</sup>。

我们用阶段 I 作为起始构形。此后,假定该系统以每次增加(或减少)一个链接来发展。如果我们在这个阶段增加一个链接,那么在这个网络结构内部,它可能将一个“1”转变成一个“2”或者将一个“2”转变成一个“3”。让我们首先集中讨论通过将 C 和 D 之间的链接值增加到 2 而在两个三元组之间引入一个链接的可能性(如图 10-1 所示)。(C 和 D 的选择是任意的。或者,我们也许已链接了 A 和 F:从概率分布或者图形的角度来看,这不会产生差别,因为在这两种情况中,都是一个早先的“1”简单地转变成后来的“2”,从而两个三角形成为链接的了。)

新的构型可以写成图 10-4 中的下三角形。然后,我们就能在将上述两个矩阵的任一个作为先验矩阵的情况下,计算出  $I$  的值。我们也可以说,可以联系先前两个阶段将这个构型作为一个新事件来评价。相应的值为:当与后面的构型(阶段 I)相比时为 23.79 毫比特,当与等概率三角形(阶段 0)相比时为 83.83 毫比特。用毫比特信息量来衡量,与最大熵之间的差值减少了(83.82 毫比特代替了 86.00 毫比特)。由于矩阵中又增加了一个“2”,1 和 2 的发生概率再一次变得更加接近了。

然而,如果我们将阶段 II 中的构型与以前那两个分离的三元组相比,就会发现与最后一次改变相关的期望信息值要低得多(仅为 23.79 毫比特),因为这两个矩阵很相似。当我们比较这三种情况时,分别称它们为阶段 0、阶段 I 和阶段 II,我们可以画出一个三角形(图 10-5),根据信息的发送者(先验的)与接收者(后验的)

---

[1] 如在第 8 章中指出的,人们可以通过采用公式来达到同样的值,该式表达了与以前的分布变成后来的分布之过程相关的讯息的期望信息值,或用另外一种方式来表达的话,便是在给定先验概率分布的情况下,后验概率分布的期望信息量。这种动态测度总的来说允许我们比较不同的构型,而无须参考等概率的基线。

之间传递的信息量可以估算它们之间的距离。

	A	B	C	D	E
B	2				
C	2	2			
D	1	1	2		
E	1	1	1	2	
F	1	1	1	2	2

图 10-4 阶段 II

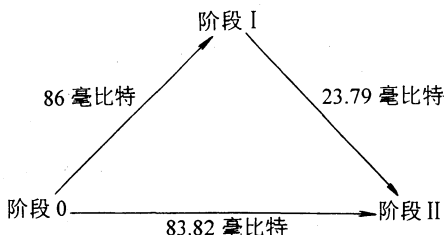


图 10-5 与将讯息传递给作为后验构型的阶段II的过程相关的期望信息值

图 10-5 告诉我们,根据阶段 I 的信息量对阶段 II 的构型进行预测与阶段 0 的预测相比是改善了预测。(记住,讯息(I)的期望信息量的值是预测质量的逆向测度(Theil 1966)。)然而,在从阶段 0 到阶段 II 的传递中,经由阶段 I 的这个信号通道是低效率的。下面我们会回到这个问题上,因为它可以向我们提供关于“路径依赖”,或者转译社会学中所谓的“强制通过点”(参见 Callon 1985)。

根据系统每次改变一个链接的假定,从阶段 I 开始,又有几个其他后续构型可能已经出现了。一个新的链接可能被两个行动者三角形所吸收,于是在这个三角形内部形成一个双链接,就是“3”。

这个变化(变成阶段 I A)仅与 12.65 毫比特的信息有关。讯息的信息量是预测质量的逆向测度,因此,后一种发展比两个群组之间发展出链接更有可能发生,按上面的估计,两个群组发展出链接需要 23.79 毫比特的信息。

如果我们允许去掉一个链接,则第三种可能性或许是“2”中的一个再次“衰退”成一个“1”,从而将两个三角形中的一个转变成所谓的“弱”图。(假定我们尚未允许行动者之间有链接这种可能性会消失掉,相应矩阵中的零就可表示该可能性的消失。)这个转变(转变成阶段 I B)涉及 0.39 毫比特的信息。

注意,系统在阶段 I 发展成为阶段 I A 或阶段 I B 的先验概率是相等的(即  $6/21$ )。如果事件发生,则系统达到一个新的状态,这种事态随后将改变对系统未来行为的所有预期。因此,随后的转变不应作为独立的机会来计算(也就是说,不能与先验概率相乘),而要以过去已经发生的事情为条件。这个进展已经发生这一讯息的信息含量被后验地归一化了,就是说,以事件( $s$ )的实际发生为参照。网络留住了这一信息;它自参照地处理其历史。如果不是如此,给系统增加更多的链接将导致系统朝着等概率的状态波动。

为了对各种转变(下面将更详细地讨论)的概率进行定量评价,我们不得不考虑到,在阶段 I 有六个 2 和九个 1,因此,1 发生变化的机会比 2 发生变化的机会要大。除了这些机会,我们还可以注意到,以阶段 II 为目标的转变比阶段 I 所得到的任何其他转变涉及更多的信息量(23.79 比特)。因此,该转变相对说来不大可能发生。

给定了阶段 II,人们就可以研究再增加一个链接的情形,即在该阶段一个 2 变成一个 3。同前述情形一样,根据概率分布,我们选择增加哪个链接都无关紧要,但是让我们仍以新形成的链接作为一个例子。现在我们到达了下面的阶段 III(图 10-6)。

	A	B	C	D	E
B	2				
C	2	2			
D	1	1	3		
E	1	1	1	2	
F	1	1	1	2	2

图 10-6 阶段Ⅲ

当然这个更明显的模式的随机性不那么强,因此,该状态到等概率位置之间的距离涉及的期望信息值增加到 111.80 毫比特。然而,我们现在可以再计算两个距离,特别是阶段Ⅲ和阶段Ⅱ之间的距离,以及阶段Ⅲ与阶段Ⅰ之间的距离。这些距离示于表 10-1。

表 10-1 三个阶段之间讯息的期望信息值

先验	0	I	II
后验			
I	86.00		
II	83.82	23.79	
III	111.80	75.49	12.17

然而,如果我们现在将阶段Ⅲ作为对于初始的阶段Ⅰ的信号的一个接收器,以此来评价阶段Ⅲ、Ⅱ和Ⅰ之间的关系,这种关系可能被作为一个中间阶段的阶段Ⅱ构型所改善或恶化,那么一种新的情况发生了。与三角形(见图 10-7)的几何定律相反,两边之和 $\{(I \rightarrow II) + (II \rightarrow III)\}$ 比另一边 $(I \rightarrow III)$ 要短,即,信息的最短途径是从Ⅰ通过Ⅱ到达Ⅲ,或者阐述为:Ⅱ起着一个辅助传递者的

作用,加速信号从Ⅰ到Ⅲ的传递。

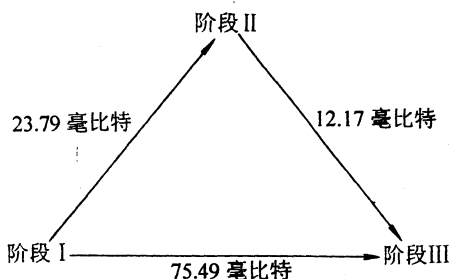


图 10-7 讯息传递到作为后验构型的阶段Ⅲ所涉及的期望信息值

因此,当我们处于接收端(在阶段Ⅲ)时,我们只需要听取从前面的阶段Ⅱ发来的信号;一旦我们已经到达Ⅲ,则关于该阶段如何形成的早期历程就不再有意义了。Ⅱ的构型不仅通过阶段Ⅰ的构型改善了对阶段Ⅲ的预测,它还“放大”了信号。

该结果可以用定性术语和统计术语来赋予意义。用定性术语来说,它意味着给定这个变化单位(每次增加或删除一个链接),从阶段Ⅰ到阶段Ⅲ的转变对于阶段Ⅱ是路径依赖的。根据转译社会学,可以得出一个论点,即可把阶段Ⅱ视作“强制通过点”(例如,Callon 1985,第 205 页及其后)。

用统计学的术语来说,这种现象可以表示为马尔科夫性:如果一个系统包含它未来行为所需要的全部信息,该系统就被称为具有(一级)马尔科夫性。这意味着,通过了解  $t = t_1$  时刻之前( $t < t_1$ )的系统的状态,并未获得什么信息。事实上,阶段Ⅱ的构型成了阶段Ⅲ的最佳预测者,而与系统以前的阶段无关。

因此,在这一序列中,早在我们往这个网络增加一个“双链接”的阶段,该构型已开始表现为一个系统,我们可以谈及“路径依赖”。注意这包含了“不可逆性”的概念,尽管从衰退的可能性这个意义上说,这个转变当然仍是“可逆的”,如果我们的理论——迄今

为止我们假定能成立的理论——也允许删除链接的话。

一旦我们到达阶段Ⅲ,就有几种进一步发展的可能性。其中,系统可能发展到有一个“三链接”的甚至更明显的系统,它也可能发展“两个双链接”,或者它也可能衰退到以前的阶段Ⅱ。让我们称再增加一个特许链接从而进一步发展成一个三链接的阶段为阶段Ⅳ,称再增加一个双链接的阶段为阶段Ⅳ<sub>a</sub>。

表 10-2 给我们提供了与所有这些来回发展相关的期望信息值的总览,包括阶段Ⅳ进一步发展成阶段Ⅴ,反之亦然。例如,第 4 列(阶段Ⅲ作为一个先验样本)告诉我们,阶段Ⅲ到阶段Ⅳ的发展比阶段Ⅲ到阶段Ⅱ的逆转更有可能发生。后一步涉及的信息比前者多 41%( $10.95/7.77 = 1.41$ )。进一步发展出第二个双链接更不太可能( $11.72/7.77 = 1.51$ )。注意,最终一种先进的状态(例如阶段Ⅲ)更有可能从一个更高级状态(例如阶段Ⅳ)的衰退中产生,而不是从前面的一种状态(例如阶段Ⅱ)的扩展而产生。

表 10-2 网络中变化的期望信息值

先验 后验	0	I	II	III	IV	V	IV <sub>A</sub>
0		85.43	85.87	111.01	144.74	182.07	133.41
I	86.00		19.50	55.77	97.41	140.97	61.46
II	83.82	23.79		10.95	34.62	64.25	19.17
III	111.80	75.94	12.17		7.27	24.17	10.53
IV	155.26	140.69	41.14	7.77		5.24	20.43
V	207.42	212.85	79.96	27.10	5.49		41.70
IV <sub>A</sub>	134.84	78.60	20.71	11.72	21.24	39.89	

总之,一旦某一构型的阈值已经达到,该网络的趋势将是“自动放大”进一步发展的势头,发展到更明显的阶段(参见 Maruyama 1963)。从那时起,更分散的构型更有可能从明显的状况衰退



而来,而不太可能是结构性较弱的构型的演变结果。

## 第 2 节 马尔科夫链和“突现”问题

上述结果引起这样一个问题,为什么从阶段Ⅱ向阶段Ⅲ转变时,“路径依赖”变得重要了。对多种转变的对比强有力地提示我们,应采用马尔科夫链模型来处理这个问题。已经证明,一阶马尔科夫链对包含构型变化的社会和经济过程的正式建模是有用的<sup>[1]</sup>。著名实例包括代际和代内流动性研究(Theil 1972)。

让我们根据转换矩阵来考察模型系统。表 10-3 表示从阶段Ⅰ到阶段Ⅱ的转换矩阵,表 10-4 表示从阶段Ⅱ到阶段Ⅲ的转换矩阵,表 10-5 则表示从阶段Ⅲ到阶段Ⅳ的转换矩阵。作为马尔科夫链模型,所有这些转换矩阵都是不规则的,但如同我们将要看到的,不规则的原因是不同的<sup>[2]</sup>。

与作为一阶马尔科夫链过程(表 10-3)的第一个转变有关的平衡概率(行)向量是 $[0 \quad 1]$ <sup>[3]</sup>。这意味着如果我们足够经常地重复这个转变,最后所有的 1 都将被转变为 2,因为 2 不能回转到 1。结果当然无足轻重,但是它给了我们一种感觉,即马尔科夫链模型意味着什么。

〔1〕这方面的介绍,可参见 Bradley 和 Meek (1986)。

〔2〕在一般的情况下,当  $t \rightarrow \infty$  时,在数学上可以表明,马尔科夫链模型对于概率分布有一个极限值,即,马尔科夫过程的最终结果决定于转移矩阵的矩阵成分的值而与过程的起始状态无关。不规则的马尔科夫链来源于这样的模型,其中子集之间的转变是不允许的,或进展是循环的,其概率为 1。

〔3〕当再乘以概率行向量没有导致另一个结果时,就达到了平衡。因此,在平衡时下列方程式成立: $v = v * P$  (其中  $v$  是平衡行向量, $P$  是转移矩阵)。

表 10-3 阶段 I 和阶段 II 之间的转换矩阵

		1	2	阶段 II (后验)
阶段 I	1	8/9	1/9	
(先验)	2	0	1	

如果我们现在考察下一个转变(表 10-4):通过将原来的一个值“2”变成“3”而加强了一个链接。这个转换矩阵不是一个规则的马尔科夫链,因为在转变之后有三个类别,而在转变之前只有两个<sup>[1]</sup>。因此,人们不能根据这个概率论的理论思考来研究这个转变。

表 10-4 阶段 II 和阶段 III 之间的转换矩阵

		1	2	3	阶段 III
阶段 II	1	1	0	0	
	2	0	6/7	1/7	

但是为什么不可以呢?这个问题的回答给我们带来一个有关“突现”的重要结论。在作为一个类别的“3”突现之后,世界不可逆转地改变了。根据信息论的说法,一种零先验概率的现象突现了,从而“这个转变已经发生”这一讯息的期望信息量是无穷大。一个新类别的突现对于业已存在的系统来说是一个完全的意外。

在前面的陈述中,我们将链接的增加和删除定义为区间变量。因此,除了作为正在突现的类别的无穷大的意外之外,给定这一系

[1] 在数学上,这导致一个不可能的矩阵乘法。

统中操作符形成规则的定义,即每次增加或删除一个链接<sup>[1]</sup>,我们就可以推导出关于“3”突现的另一个(动态的及过程的)先验概率(即从阶段Ⅱ到阶段Ⅲ的转变)。我们将3视作增加一个1的递归运算所产生的更复杂的事物,还是将其视作一个新类别的突现,这期间有巨大的差异<sup>[2]</sup>。如果人们有理论上的理由将操作的结果定义为一种新突现的状态,包括对突现现象的一个新的名义命名(“3”),则世界不可逆转地发生了转变。

注意,该阈值或许已经利用所谓的随机游程(参见,Arthur 1988)而达到了。如果再一次为了理论上的原因,一个障碍的通道等同于后验系统(即接收系统中)结构的变化,那么此后操作符可能被赋予一个不同的概率。在这种情况下,我们得到了亚瑟(Arthur 1988)意义上的“吸收性的障碍”:后验的系统是“不可逆转地”有别于先验系统的。

换句话说,“突现”和“不可逆性”是根据系统的结构定义的,而“路径依赖”是根据过程即操作的重复来定义的。一个系统状态是随着理论上可说明的状况突现的,而根据系统的运行来看,这种突现可能仅表现为不太可能发生的复杂重组。如果“突现”为根据世界的构成要求和操作过程而重新定义相关世界提供了理由,“不

---

〔1〕 给定若干状态,按照热动力学反应来处理两个阶段之间的转变,可以发现一个替代算法。期望信息值(表 10-2)的逆给我们提供了转变的可能性,从中可以为下列平衡导出反应常数:

$$\text{阶段Ⅱ} + \text{链接} \xrightleftharpoons[k-1]{k_1} \text{阶段Ⅲ}$$

从这里人们可以扩展到非平衡态的热动力学。然而,我寻求的是概率论的推理路线以便在以后的一节中处理场景构建的问题。

〔2〕 在这里数值被视为类别,而在前一节中它们被用作一个变量的值以表示网络链接的强度。然而,根据计算,结果是相似的,因为采用各自矩阵的总和进行归一化导致仅仅具有一个常量的乘法。

可逆性”就产生了<sup>〔1〕</sup>。一旦增加了一个新的类别,所有的推测都将不复存在;概率也许已经改变并因此需重新计算<sup>〔2〕</sup>。

然而,如果我们有理论上的理由将 3 仅仅视作“同样事物中的又一样”,则系统并没有结构上的改变。根据系统动力学,链接的增加和删除是一些操作,系统就是通过这些操作成长或衰落的;当我们视不同的值为不同系统状态的描述时,我们是集中于结构而不是过程。过程可以是路径依赖的,状态可以是突现的,而结构也许不得不根据最新突现的类别不可逆地重新定义。

像所有后来的转变一样,下一个转变(表 10-5)与单位矩阵有关,因为仅有的转变是一个唯一值(“3”)转变为另外一个唯一值(“4”)。这种分布对于这个转变有直接限制作用:如果我们将 4 的突现定义为一个类别,就再次形成一个不可逆的转变。

表 10-5 阶段Ⅲ和阶段Ⅳ之间的转换矩阵

		1	2	4	阶段Ⅳ
阶段Ⅲ	1	1	0	0	
	2	0	1	0	
	3	0	0	1	

总之,马尔科夫型转变由于突现而变得不规则。然而,在科学

〔1〕 以后见之明,我们也可以假定,对于阶段Ⅲ中的 3 有一个先验概率分布,而不管它们最终是否发生这个问题。如果我们在前一节中讨论关于尚不存在的类别的等概率时遵循这样的思路,则我们也许可以增加第三个行向量到等概率的转移矩阵中,因此, $[p_1 \ p_2 \ p_3] = [1/3 \ 1/3 \ 1/3]$ 。在那种情况下,平衡概率矢量是 $[1 \ 0 \ 0]$ ,最终一切都将衰退为只有 1 出现的等概率。

更一般地,如果  $p_1 > 0$ ,平衡概率向量等于 $[1 \ 0 \ 0]$ 。然而,在我们的模型中,我们也对该过程做了一些规定,以致它不允许 3 到 1 的转变,于是  $p_1 = 0$ 。因此,我们可以提出马尔科夫链模型,甚至根据  $p_2$  和  $p_3$ (现在  $p_3$  必须等于 $(1 - p_2)$ )计算出平衡概率向量。

〔2〕 关于传播的问题:见 Pearl 1988。

技术元勘中,人们对突现现象特别感兴趣!因此,重要的是区分不同的发展模式。一方面,一个新的类别可以“不可逆转地”改变世界。此后,人们得到一个与相关环境有潜在不同关系的不同系统<sup>[1]</sup>。另一方面,从操作过程来看,相关变化的定义使得人们有可能根据“路径依赖”,也就是说,根据同一系统的不同状态来经验地分析过程。在这里讨论的情况中,序列中路径依赖的发生与 3 出现的阶段是一致的。然而,这种一致不是必然的,因为两个概念是独立定义的。

### 第 3 节 结论

当我们在第 9 章中用信息论讨论多变量预测时,主要的结论是:如果一个数据集在它自己内部包含的对系统下一次观察值的预测比基于系统要素(或要素的子集)的过去发展所做的最好预测之和更好,则该数据集可以被认为是系统的一个表象。在这一章中,这个结论被推广了:如果我们没有关于相关变化的生成规则,对一个系统未来行为的最佳预测是基于包含在系统内部的信息,而不是系统要素的历史所包含的信息。如果人们没有(理论上能详细说明的)关于变化的生成规则,就没有理由期望一个系统发生结构的改变,正如当人们没有对新现象的先验概率时就没有理由预期世界上会有任何新的现象发生一样。

对变化的生成规则有意义的说明就要求具备历史知识。历史的洞察力给我们提供了有关的因素,但是刚才所说的说明在一个经验设计中仍然是一个假说。在说明过程中,系统的新结构要素和系统的新状态都可能产生。系统也许已经经历了一个转变,而

---

[1] 关于某一类别在一种情况中不发生,而它又属于前面定义过的领域之情形的处理、“突现”的讨论和部分分解,见第 8.3 节。

没有暗示出有一个新类别易于识别地突现出来,因为新的状态可能是以现有要素的复杂重组为基础的。在有些情况下,按系统的历史意义来对系统的新组织方式命名可能是有问题的,而在另外一些情况下,人们也许有足够的历史知识来解决这个问题。

请注意分析步骤中的差别:在历史研究中,人们以后见之明进行评价,就是说,给定对系统的后验描绘来评价先前的阶段,然后人们可以将某些性质归结于转变。在进化论进路中,基于系统论,事前的评价也是可能的:系统在时间维度上可能的发展方式可以根据对系统及其运行的启发性的假设来预测。假设是基于历史的分析,而进化模型能显示出对经验性再评价的需要。发生的事件能用来更新期望值。

换句话说,一个“路径依赖”型转变导致一个新的系统状态,但从历史的角度来说,这意味着什么则有待详细说明。然而,为了有助于抽象模型,有关结果并不是非得从历史角度给以明确意义不可。例如,在计算机模拟程序中,人们可以规定说,一个子系统达到了某一状态是与另外一个子系统相关的,例如,在这一事件的发生引起了控制着系统的边界条件之变化的情形下。

操作符定义了变化单位,并因此定义了过程的时间尺度。重新定义系统的需要可以被认为是对系统先前阶段及其操作符下定义的结果。一个(路径依赖型)转变是否已实际发生这个问题就变成了一个经验-分析的问题,而不是一个解释的问题。人们会估计到,可能发生的事件的范围要比单个故事所能涵盖的更复杂。历史学家可以对事件加以解释,但是不管有没有这个解释,事件都会产生影响。自反的话语既给我们提供了事后的理解把握,又提供了事前的启发:它们对被研究的复杂动态系统提供了一个解释的窗口。

我将在下一章详细阐述一个检验新系统突现的经验性案例。那里,我会回过头来讨论解释的不同形式。但是,让我先讨论本章

中所述模型的两个应用实例,它们都超出了科学元勘的范畴。

## 第 4 节 应用

### 1. 自动放大与概率场景建立

一个自组织或“自生成( autopoietic)”系统可以被认为是一个利用其操作符(例如, Maturana 1978)的反复重组而发生变化的系统。在上述的模型系统中,操作符是在作为结构单元的六个行动者当中的每次增加或删除的一个链接。最初我们假定操作符概率相等。仅仅经过操作的重复,首先,网络结构从各有 3 个行动者的两个群组变成 6 个行动者的一个群组。第二,再次经过操作的重复,不同构型被赋予了概率,其中“双链接”、“三链接”等可能会突现。在本节,我将表明在这个模型系统中极不可能的发展情形可能会呈现出“自动放大”,也就是说,当它们发生时,它们进一步发展的机会增加了。

为了简化起见,我将讨论局限于一次只增加一个链接这一可能性的生成规则,排除删除的可能性。如果现在我们回到最初的阶段 I (两个单独的三角形),我们有两种可能性,给 9 个 1 中的一个增加一个链接,或给 6 个 2 中的一个增加一个链接。在前一种情况下,我们达到了阶段 II,而后一种情况下,增加的链接被纳入两个已经存在的三角形中的一个,导致我们所说的阶段 I A。与这些转变有关的期望信息值经计算分别为 23.79 毫比特和 12.65 毫比特。如上所述,这些是转变可能性的反向测度,因此我们现在可以说:

$$P_{II}:I:P_{IA}:I=(9/23.79):(6/12.65)=44.4\%:55.6\%$$

然而,这个 44.4% 是尚不存在的九个链接中的每一个链接突现出来的机会的总和,而对这些链接中每一个具体的链接,可能性

只有总量的九分之一(因此为 4.9%)。

阶段Ⅱ到阶段Ⅲ之间的转变涉及 12.17 毫比特(见表 10-2)的信息量。现在,有 7 个现有链接可能吸收外加的链接,还有 8 个剩余空位可能成为一个链接,这就导致阶段ⅡA。后一转变涉及 22.83 毫比特,因此:

$$P_{III:II} : P_{IIA:II} = (7/12.17) : (8/22.83) = 62.1\% : 37.9\%$$

然而,这两个群组之间链接的特定增长的概率是  $62.1\% / 7 = 8.9\%$ 。因此,突现中结构的进一步发展变得更有可能是。

随后的从阶段Ⅲ到阶段Ⅳ以及从阶段Ⅳ到阶段Ⅴ的转变的概率可以类似地计算出来,分别为 12.8% 和 16.7%。从信息测度值来看,这一特定链接的进一步发展不仅在每一阶段上是最有可能进一步发展的转变,而且这个发展的可能性还沿着发展的路径进一步增加,分别为 4.9%、8.9%、12.8% 和 16.7%。然而,按这个过程从阶段Ⅰ到达阶段Ⅴ的累积可能性极小:

$$p_{V:I} = 0.049 \cdot 0.089 \cdot 0.128 \cdot 0.167 = 0.01\%$$

因此,由操作符的迭代和重组导致阶段Ⅴ的突现实质上极不可能。然而,一旦进展越过最初的障碍,下列情形就越来越有可能发生了:向这种极不可能但又是高度组织的状态的更进一步的发展将会实现。

总之,信息论进路教会我们如何计算在一个构型中种种可能变化的概率,给定系统的“本征”操作,该构型可能维持它的组织。给定行动者网络的系统测度——或者说在某一个时刻数据集的一组特征——以及变化单位(例如一个网络链接的增加)的定义,人们能够用概率术语建立一个对所有可能的未来情况的全面概览。如上所述,概览包括了可能“突现”的状态。

对三种状态(要么包括进先前的情况,要么延伸至  $t+2$  时的构型)中的每一个状态进行比较,我们可根据“路径依赖”来确立每种可能的转变的地位(Arthur 1990)。对发展路径的定量评价



使我们能够预测某系列的转变相对于其他转变的概率,并分析在此过程中“自动放大”是否可能发生(参见 Maruyama 1963)。这些结果引出了另外的经验性的研究问题,如,可能的未来发展的密集区域是否是离散的?它们与另外的选择是否能联系起来?(参见 Bruckner 等 1994)

由于信息测度总是由简单的累加构成,也有可能根据子群来分解结果(见第 9 章;参见 Theil 1972)。这使人们原则上有可能发展出与层级构成的网络之概念有关的动力学手段(例如,Pattee 1973;Callon 等 1983;Lee 1994):较高层次的发展为较低水平的发展设定了动态的边界条件<sup>〔1〕</sup>。正如我们将在下一节中看到的,奈尔逊和温特(Nelson 和 Winter 1977)认为,动态边界条件对于技术轨迹和选择环境之间的关系来说是至关重要的。在我们的模型中,网络发展的动态边界条件可以根据条件概率分布来说明。然后,可以确定这些条件发生变化的各种各样的方式。

当然,测度这些与特定条件相关的概率是另外一个课题<sup>〔2〕</sup>。该测度在一级近似中可能不够准确。然而,分析人员可以直接将测量结果(或以名义变量进行的描述)馈入上述类型的模型,因为对于受到具体条件限制的的概率分布的处理与那些不受限制的的概率分布的处理是非常相似的。

## 2. 共同进化模型和创新研究

请记住本章最初的问题:对于一个系统来说,变化何时被认为是“结构性的”?以上论述表明,“结构”可以相对于“过程”以两种

---

〔1〕 反之亦然,较低层次上的进展“破坏趋于平衡的运动”(Nelson 和 Winter 1982)。

〔2〕 为此,人们希望以种类和信息的测度为基础,正如萨维奥蒂和梅特卡夫(Saviotti 和 Metcalfe 1984)以及萨维奥蒂(Saviotti 1988)在研究技术发展时所采用的路数。

方式变化:系统可以通过操作符在可能的发展当中的随机游程来越过障碍,或者借助自己在先前阶段的状况来经历转变。后一个转变是“自参照的”,而在前者中,系统可能锁定于其中的多种替代状态是由环境来设置的。在自参照的情况中,转变仅仅根据系统过程来定义。然而,系统的新阶段可能仍然需要历史性地给以说明,也就是说,需要被赋予范畴意义,但环境的定义不必受影响。在“锁定”的情况下,人们必须另外说明,对于有关环境的定义而言,转变意味着什么。这些说明包括组成系统的要素、边界以及所包含的不同子系统的操作。

一个系统中的发展如何导致它与其他系统(或更一般地说对于它的环境)之关系的重新定义?环境中的变化如何影响系统条件的设置?人们现在可以开始设想,如何就涉及系统间发展和共同进化的问题设计经验研究方案。这些问题对于技术元勘和创新研究尤其有意义,因为在这些专业中人们研究的是知识生产、控制系统和经济之间的相互关系(参见 Weyer 1989; Luhmann 1990; Nelson 1994)。

奈尔逊和温特(Nelson 和 Winter 1977)将“选择环境”定义为对于(本质上说是概率性的)“轨迹”而言的动态边界。这些作者用马尔科夫链模型详细阐述了“技术轨迹”和“选择环境”的概念,但他们事先从其模型中排除了轨迹和环境之间的反馈(1977,第49页;参见 Nelson 和 Winter 1982)。然而,经济史学家一直强调技术和市场之间关系的互作用性(例如,Rosenberg 1976)。社会学家一直强调在社会发展进程中变异和选择的相互依赖关系(参见 Pinch 和 Bijker 1984; Van den Belt 和 Rip 1987),其他人(例如,Arthur 1988)则突出强调了技术发展的路径依赖性。另外,一些作者已经注意到在市场开发(例如,Schmookler 1962)或技术开发(例如,Winner 1977)中的自发的动力。萨哈尔(Sahal 1981)为此提出,技术有时可以视作是自组织的(参见 Silverberg 1988)。

如上所述,一个自参照的发展会触发对于另一个系统的边界条件的变化,但这不是必然的情况。技术轨迹也可以被认为是一个自参照的过程。另一方面,“满足选择环境的需要”可以视作选择环境内部的一个事件。于是,选择环境可视为另一个具有不同状态的(市场)系统(B)。现在可以区分两个系统之间可能的相互调节和相互作用的各种型式(参见图 10-8)。

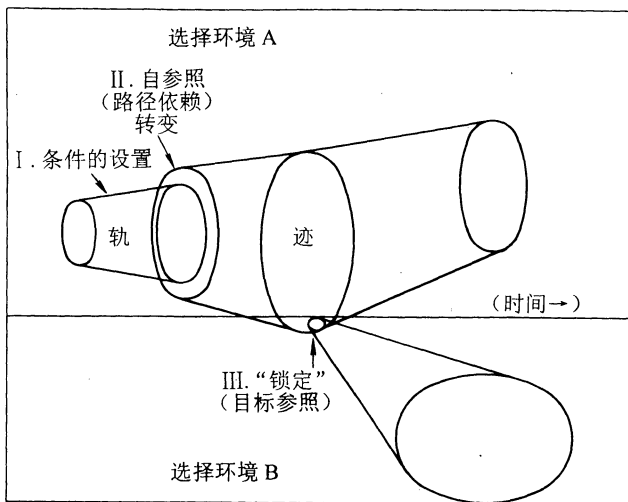


图 10-8 技术轨迹的边界条件发生动态变化的三个模型

首先,有这样一种观念,即技术轨迹的概率分布是由其早先的环境(A)所事先得限定的。因此人们可以提出这样的问题,即在多大程度上技术轨迹依赖于选择环境中的因素,或仅仅受这些因素的调节?记住在每个瞬间,两个变量在交互信息方面是彼此决定的,在剩余的不确定性中是互相调节的(参见图 7-1)。我将在第 12 章中说明,这种静态关系在两个动态系统之间是相似的,不过是在每一瞬间相似。

第二,一个子系统可以通过利用它自己的操作符来发展从而

改变它的边界。正如前面所论证的,系统的这种发展不一定改变环境对系统的条件设置,除非是向一个新状态的转变这种不太可能的事件发生了(见前一节)。自参照的转变与路径依赖的关系可以用上面开发出的测度方法来评估。我将在下一章用科学计量学数据举一个例子。

第三,还有随机游程的情况,即一个子系统与其环境的关系漂移至另一种状况,而不必在内部经历一个路径依赖性转变(Arthur 1988)。然而,这预示着环境可以以不同的方式与系统相联系,这样,系统也许通过随机过程从一个平衡态漂移到另一个平衡态。然后,“锁定”就可能发生。注意,系统中的一个自参照转变也可以导致一个“锁定”:接收(另一个)系统总是根据信号是否被识别为相关信号来评价干扰。当发送系统改变时,会在接收端触发(有可能是根本性的)变化。

这三类动态过程相当于关于创新过程的三个现有模型,如果后者被视作经济需求和技术开发之间可能的相互作用的结果的话。需求可以用两种方式给以详细说明,要么将需求看作对由于路径依赖型技术发展而获得的技术选择的反应(“技术推动”;图 10-8 中指出的机制Ⅱ),要么可以独立地(用分析法)说明,如用经济因素来说明。在后一种情况中,具体化的需求也许正推动有关的技术活动,因此已经成为系统运行的先决条件的一部分(“需求拉动”;机制Ⅰ),或者已经被某些技术发展所“满足”,而那些技术发展未必受这一需求的调节(机制Ⅲ)。在后一种情况下,系统已漂移进了锁定状态。

这三个机制是基于不同的假设。内部变化需要对一个系统的转移矩阵作详细说明,理解“锁定”则需要对另一个系统中(即环境中的)有关阈值作详细说明。至于技术发展的情况,后面的这些阈值是由动态需求函数决定的:什么时候一个技术系统产生了在市场中引起共鸣的信号?然而,对这些需求函数必须加以详细说明,

否则人们将没有标准来评定“需求”是否被满足了(作为阈值)。

注意,与奈尔逊和温特(Nelson 和 Winter 1982)提出的模型中技术发展的边界条件之事前说明相比,这里有一分析视角的变化。在锁定的情况下,分析人员要说明的是,从技术系统方面说,希望市场(或选择环境)把什么看作一个重要的信号,而不是技术系统应把什么视作是受市场制约的东西。

作为第 4 个机制,新状态也可以是两个系统(轨迹  $x$  和环境  $y$ )之间长期调整的一个结果,而不是在一个特殊时刻通过了某一阈值的结果。当这一情况发生时,人们就获得了一个在具体的技术和选择环境间的共同进化模型(参见 Nelson 1994)。然而,共同进化要求系统  $x$  和  $y$  之间的相互作用项( $xy$ )逐渐稳定成一个超系统,它可以对变异(如  $x$ )和选择(如  $y$ )都进行反馈。在  $x$  和  $y$  之间的共变稳定的情况下,相互作用项可以被认为是第三个独立变量( $z = f(xy)$ ),其中与  $x$  和/或  $y$  有关的路径依赖型转变可以在下一个更高的层次上描述,但描述方式是类似的。

操作是回归的,但高阶操作比低阶操作需要多一个自由度。因此,如果这个第 3 轴早已达到正交于有助于其构建的那些轴的位置的话,突现的变量( $z$ )作为独立的变异源只能与其他(亚)系统  $x$  和  $y$  中的一个发生共变。然而,第 3 自由度相应于第 3 个参照系,它也应该被给予理论上的理解把握。

换句话说,在否则是相互正交的维度上的发展可以共变,而且,如果这些共变可以被稳定并内化为系统的附加维度的话,系统可以增加复杂性。例如,技术轨迹和经济环境之间的相互作用可以被组织的因素所调节(Van den Belt & Rip 1987)。这些制度的动力学特性可以由一个企业家(例如, Hughes 1987)、一个部门(例如, Abernathy 和 Clark 1985; Nelson 1982; Pavitt 1984)、或者一个组织间网络(例如, Clark 1985; Shrum 1985)来承载。如果将这第三种情况再纳入,则可以导致轨迹和环境共同进化成一个全球

系统。技术制度和科学范式都可以被认为是这样的全球系统,即处于更高阶层次的系统。

### 3. 对于公司行为和制度机构的含意

轨迹可以稳定在 3 个维度上,因此可以根据公司行为或制度机构来进行观察。然而,技术制度或科学范式经过一段时间会将 3 个(几乎可分解的)动态过程结合成一个用几何譬喻不能被完全理解的超动态过程。将变量理解为通量,熵统计的算法进路使我们能够区分变量值的变化和类别本身的变化(第 8 章)。

推论理论通过对学术交流中的观察系统稳定地进行具体的反思来说明亚控制过程(Hinton 等 1986; Langton 1992, 第 22 页之后)。每个话语提供一个对于被研究的更复杂的动态系统的理解窗口。我现在来考察与上面叙述的两个动态系统(技术轨迹  $x$  和选定环境  $y$ )之间的相互作用有关的自反动因的窗口。

为了说明对于公司行为的含意,人们不得不分解公司行为的分布性情境,并考察在另外两个次动态过程(轨迹和环境)之间的相互作用在这个第 3 维度上的可能反映。公司由于其定位而不同。因此,每个焦点的选择都提出了关于可能反映的范围的经验性问题。这些经验性问题超出了目前研究的范围(例如, Pavitt 1984; Faulkner 和 Senker 1994)。可是,在论证的基础上我们可以指出,人们期望的是哪些公司行为模式。

由于分析的原因,以下对两个独立变量之间关系的动力学的重新定义不得不根据两个系统中任何一个系统的发展,或根据它们的相互作用来产生。用公式来表达:

$$F(x, y)_{t+1} = ax_t^\alpha + by_t^\beta + c(x_t^\gamma \cdot y_t^\delta)$$

假定有两个独立变量( $x$  和  $y$ ),它们在下一个时刻(即在  $t+1$  时)都既已发生了相互作用( $x_t^\gamma \cdot y_t^\delta$ ),又已在其先前状态( $x^\alpha$  或  $y^\beta$ )的基础上更巩固了。然而,如果这些系统以前已经稳定的话,则人

们仅能依赖以前的一个状态。这样,两个独立变量都可以代表以前的发展过程的稳定化(“连续性”)和/或权宜性的“变化”〔1〕。

于是可构想出 3 种相互作用:第 1 种,两个独立变量都是权宜性的;第 2 种,一个独立变量是权宜性的,而另一个代表早先发展过程的(相对的)稳定化;第 3 种,两个独立变量都代表以前发展的稳定化。让我说明一下期望的发展状况(见 Blauwhof 1995):

**场景 1.** 当两个独立变量都是权宜性的变量时,表征着发展的过程就是变异和稳定化的过程,因为选择的结构基础不存在。由于路径依赖,(随机的)变异将最终被锁定成一个稳定化过程(Arthur 1988)。在组织层次上,人们期望在这种情况下有一个柔性的组织,该组织尝试性地去建立系统,并努力向稳定化逼近。主导譬喻是构建系统的工程师或企业家。

**场景 2.** 当权宜性变量和前此已稳定下来的变量都参与相互作用时,预期的过程是变异(由权宜性变量引入)、选择(由早先发展过程稳定化为结构这一情形引入)和稳定化过程。此外,因为以前已经稳定下来的因素——按照定义——指的就是自己以前的状态,反馈回路就表征着动力学特性,并引入了符号,自我放大或者自我衰减效应(朝着平衡的方向)取决于符号。

更具体地说,人们期望反馈符号的交替改变引导着技术的生命周期(参见 Abernathy 和 Clark 1985)。在生命周期的上升阶段,组织的重点估计会放在创新上,下降阶段会把重点放在现金流上。因此,人们期望一个有着多样化的利润中心的更复杂的构型,以便从这些改变中充分地赢利。学术关注的主要焦点是产业。

**场景 3.** 当两个独立变量都代表早先的稳定化过程时,理论上说,有关的过程就是选择和稳定。在这种情况下,权宜性的要求有一个(研究和开发)组织作为第三维,在该组织中人们能够从任何

---

〔1〕 自相关和变化之间的关系给我们提供了测试系统稳定性的选择。

一方做出的选择之间的相互作用中形成“新的东西”。例如,奈尔逊和温特(Nelson 和 Winter 1982)的“搜索和选择过程”就包含这样的双重选择。于是稳定化的问题又引起这种界面是否会被支持和支持多久的问题。如果特定的相互作用可以稳定下来的话,共变的重复可以导致共同进化。

注意,这些分析上能区分开的过程并不彼此排斥,但人们期望各种周期是不同的顺序。因此,根据操作的稳定性的相关情境进行经验性评价,对于企图提供标准化建议的建模具有头等重要的意义(例如,Dosi 1991;Brunner 1994)。

虽然这里是在技术元勘的范畴中进行详细论证的,但应用于其他系统间依赖关系是很容易的。例如,在科学史学术传统中的“内在论进路”集中讨论科学系统内部的发展,而“外在论进路”则强调系统也许必须满足环境提出的不同要求。在内在论进路中,外部性可以用系统的先验概率分布的条件部分加以说明,但系统本身的操作仍是革命性的动因;而外在论进路中,系统的环境也可以独立地改变。自反机构及制度机构的功能可以被说明,加以必要的变更。

与文本、作者和认知多维空间的原始图式有关(图 1-1;亦可参见封面),自反作用可视作识别的前提。文本和学者作为关联系统,彼此提供了相关的环境,认知和再认知的第三种动力学过程则推动这一复合体在进化上可说明的条件下进行科学知识的受控组织和生产。

(参见 Leydesdorff 2001, <http://www.upublish.com/books/leydesdorff.htm>)

(赵俊杰 译)



# 第三部分

## 交流、概率熵与自组织

## 导言

透过第二部分有关方法论的各章节,可以看到,如果我们认真对待并采用足够严格的方法,就可以解决科学元勘之数据分析的一些主要问题。回想一下,在第6章中,我们已经在第一部分理论分析的基础上明确了确立科学元勘之方法所必须满足的要求。接下来在第7章,我们着重探讨了各种种类的以及和各种集总层次相关的异质性。通过运用信息论,多层次问题可以简化为多变量问题,因为集总就意味着组合规则的使用。第9章对这一问题给出了详细说明,在那里我们探讨了不同形式的多变量分析之间的关系。

第8章的重点是多层次发展的纵向重构。运用不同集总层次上的词频分析,可以说明,当结构因子(如文章的小节)或视角随时间变化时,重构将如何地不同以及为什么不同。需要注意的是,这些数据分析问题是与测量类型和测量尺度无关的。在这里,重点是数据分析而不是数据收集。

一般而言,对过去事件的动态测度使我们能够对未来事件有一个具体的期望,因而也使我们能够从(未预料到的)事件的发生中系统地学习一些东西。在第8章的最后一节中,我们仔细探讨了这一自参照的亦即自反性的过程的机制,是从基于科学文本来构筑科学专家系统的视角进行探讨的。从原则上讲,对新加入的文本进行评价,可以帮助我们更新用于建构系统的各种维度的权重系数。

在第9章,我们将从两项文本模型研究中得到的见解予以综

合和推广,使之能够用于其他网络数据。我们可以在不同时刻下对复杂数据系统进行比较,继之可以借助于马尔科夫链对其进行研究。我们可以操作性地定义路径依赖的转变和不可逆性,这样就可以与测量尺度或数据维度无涉地对之进行分析。在第10章,焦点转向了变化的动因,即操作主体。如果可以确定变化的单位,如基于历史分析进行确定,我们就可以基于被研究系统的当前状况获得一个期望范围。各种发展过程并不是等概率的,后来的事件可以改变各种概率分布。

一般而言,经验性的局面有其从前的状态。因此,变化和发展可以是由两种类型的内向箭头引发的。一种发诸于约束并且干扰着被研究系统的、形形色色的情境,另一种发诸于系统从前的状态。只要没有系统,情境就居于支配地位。但这样一来,就随之出现以下问题:我们能否以及何时可以将(或许是偶发性的)相互作用项看作是一个突现之中的系统。一旦各种情境不再处于集总之下的并置状态,而是还发生相互作用,突现之中的网络就可以通过重复共变过程提供共同进化的机会。在第10章,我们借助于一个模型系统讨论了这些机制。发生于网络系统之内以及它们之间的突现性、不可逆转性、路径依赖性、自动放大效应与共同进化现象的各种正规机制,可由之得以确定。

在我看来,至此,我们就完成了符合第6章所确定的准则的发展信息演算的工作。余下的任务是理论的应用。能否通过将这一进路应用于其他数据以揭示其有效性?这样做是否会导致新的洞见或新的问题?在前一章的最后几节里,我曾简要地说明过这些方法在科学元勘之外的一些领域(如技术和创新研究)的某些应用。在这一部分,我将返回科学元勘,并将重点放在这一领域内的一些亟待解决的问题上。随后,这些例子将被作为一个科学政策问题来加以详细叙述(第11章),联系于知识表述以及科学哲学的某些问题加以叙述(第12章),还与科学社会学的某些问题相联系

进行了叙述(第13章)。第13章可以被看作是对这项研究的各种发现的一个概括。

在第11章,信息测度值被用于研究以下问题,即,欧洲委员会<sup>[1]</sup>(European Commission)的大型R&D计划是否已然引发了欧盟层次上的跨国[成果]发表系统的出现。发表物的数据是利用标准的科学计量学技术来进行测度的。在第12章,基于系统与环境其他系统之间的相互作用而产生的概率熵的流变,联系计算机科学与科学哲学中的信念更替模型,探讨了系统的发展情况。通过在信息论框架中运用贝叶斯法则求值,信念系统的反复更新以及更一般的结构/行动权宜相关性,得以模型化。这种算法将被应用于第9章中曾分析过的那些引用网络。

信念系统的反复更新包括一些自参照循环,这些循环可展现自组织特征。正如在第一部分所指出的那样,交流理论、信息论和自组织理论三种视角的结合并非偶然。我将要论证,研究科学交流将使我们得以自反地理解人类交流中的自反性,而不至于感到困惑。在科学交流中,人类交流的自反性在很大程度上是编码化的:在出现于正式科学文献中的文本之间进行动力学探讨,必然要求在词及其共生词的各种变化着的意义与各种分布的信息量之间作出区分。将这些结论推向其他领域,人们可以作出这样的推断:社会学作为关于自反性交流系统的某种实证科学,可以从交流数理理论角度予以重建。科学知识社会学(SSK)现有纲领的意义可由之得到详细说明,进而对进行深入研究所需要的种种视角进行了考察。

(乌 云 译)

---

[1] 欧洲委员会是欧洲共同体(European Community, 即 EC)下设的一个委员会,其主要职责是促使欧共体发展成为今天的欧盟(European Union);而欧共体是由以前的欧洲经济共同体(European Economic Community)发展而成。——译者注。

## 第 11 章

# EC 政策对跨国发表系统的影响

为了使欧洲委员会在超国家层面上对科学政策的干预正当化,欧洲委员会需要采用某些手段来表明其资助在帮助建立一个统一的欧洲方面所起到的正面作用。由于科学技术政策是欧共体所干预的项目中的关键事项,因而这些问题被提出,是与对于 EC 的各种大型 R&D 计划的评价联系在一起的。

对于这种干预的作用,能否使用科学计量学的方法定量地做出评价?现已以欧洲委员会的名义启动了许多研究项目来研究这个问题。事后看来,各种各样的结果表明,应该区分以下几个研究课题:

(1)是否可能以科学出版物来测量一个国家的科研绩效?如果可能,又如何定义整个欧洲层面?

(2)从描述统计学上讲,如何使“形成一个欧洲”的过程操作化?能否从有关数据中识别出一个突现之中的网络?

(3)如果可以使这个网络成为可见的对象,则应当如何联系这一网络的发展来评估欧洲委员会在推进跨国研究方面的作用?

近十年以来,科学计量学家已在与第一个课题相关的测度问题上达成了某种一致。最近,研究者们所关注的焦点已从描述性统计学转向对显著性的测试方面。然而,说明性的视角,要求形成具有理论依据的预期,以便参照该预期值来检验观测数据。在较高(如欧洲的)集总层次上的突现网络概念需要用到系统论。但

是,怎样才能将大量的科学计量学观测与系统视角整合起来呢?

较高层次上的秩序的突现是与较低层次上的分布的动力学变化过程相关的,故而突现问题需要用非线性动力学来研究。科学计量学的数据,是通过测量不同时刻下较低层次上的种种分布得到的;这一测度,为我们应用可在此理论框架内展开的概率熵测度值,提供了一个观测领域。

结论将是,在当前情况下 EC 并不是作为一个单独的发表系统在起作用,但成员国之间国际合著关系的发展的确显示出了某种系统特征。然而,我们仍然想知道这一系统是在何时、在哪些维度上突现的。只能根据合著论文(在此排除综述、简报、注记等)来揭示不可逆转变。之后,探讨了对这类过程进行政策干预所可能产生的效果。

## 第 1 节 发表业绩的测定

科学计量学评价所用的主要数据库,科学引文索引(SCI),主要是作为对所有学科在国际层面上的集总性表述来编制的。然而,SCI 已被证明对各国科学政策特别有用,因为作者的地址使得在机构之间与国家之间进行文献计量学评价成为可能,而且各国研究系统的强弱也可以藉助于发表量以及引用量予以确定(例如,Narin 和 Carpenter 1975; Moet 等 1985; Irvine 等 1985; Schubert 等 1989)。早在科学计量学研究起步之时,SCI 的这种用途就导致人们通过国家对专业的分析网格来把握发表物的集总状况(Narin 1976)。

根据专业对 SCI 实行动力学分解(dynamical decomposition)现在仍然是科学计量学需要研究的一个问题(例如,Tijssen 1993; Leydesdorff 和 Cozzens 1993),但是,利用机构的地址将发表量在国家之间施行精确的分解,现在似乎是不成问题的(Anderson 等 1988; Moed 1988; Leydesdorff 1989b)。另外,使用 NSF/CHI 科

学文献数据库(*Science Literature Database*)的研究者提倡仅就论文、注记和综述在国家间进行比较;而布劳温等(1989)则主张简报也包括在该子集中(参见 Martin. 1991; Braun 等 1991; Martin 1994)。

在实践中,这些都是关于分解的技术问题,是可以解决的。如,表 11-1 既显示了集总数据,也以斜体给出了仅包括论文、综述和注记的所谓 *CHI* 指标。这类数据所表示的是 *SCI* 所包括的各类发表物的百分数。除给出了 12 个 EC 国家的数据以外,也给出了美国的数据,以供读者参考。图 11-1 就展示了 12 个 EC 国家的有关数据于 1978—1991 年间的变动情况。

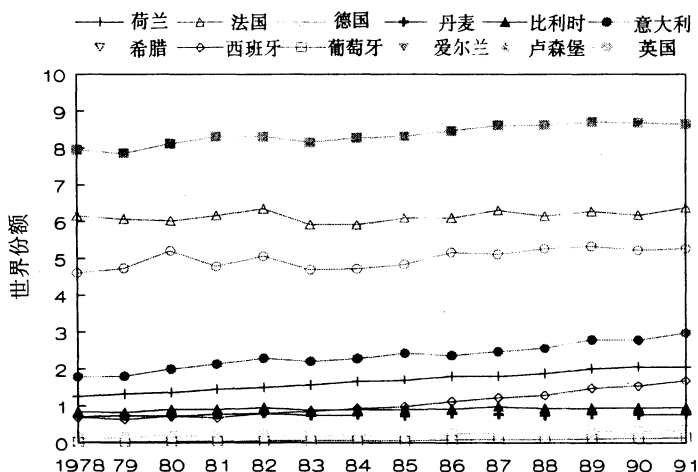


图 11-1 12 个 EC 成员国发表量占全世界的比例

国际合著论文的测度已然引起了另外一个问题:利用前述分析网格,在参与合著的国家之间分配国际合著发表物(以保证合计总数为百分之百),似乎是合乎逻辑的;但是,人们可以争辩说,如果一个国家的科学家越来越多地参与国际合著而其他情况不变,那么,这样的“分数算法”将导致这个国家的发表量占世界比例

下降 (Anderson 等 1988; Leydesdorff 1988; Nederhof 和 Moed 1993; Martin 1994)。因此,如何将国际合著论文分配到各国发表物的百分比中去,一直是测度方法论方面的一个问题。

在这场争论中,我一直主张,我们应该在作为跨国网络之指标的国际合著与作为每一个国家之特质的国家发表业绩之间做出区分 (Leydesdorff 1991b)。相应地,表 11-2 以类似于表 11-1 的形式就欧盟各国间的国际合著情况给出了有关数据。这组数据表明,在我们所研究的时段里,国际合著指标显著地增大了。这组数据还反映出,在几个国家的增长情况之间存在极强的相似性,这表明有一个单一系统正在成长 (见图 11-2)。

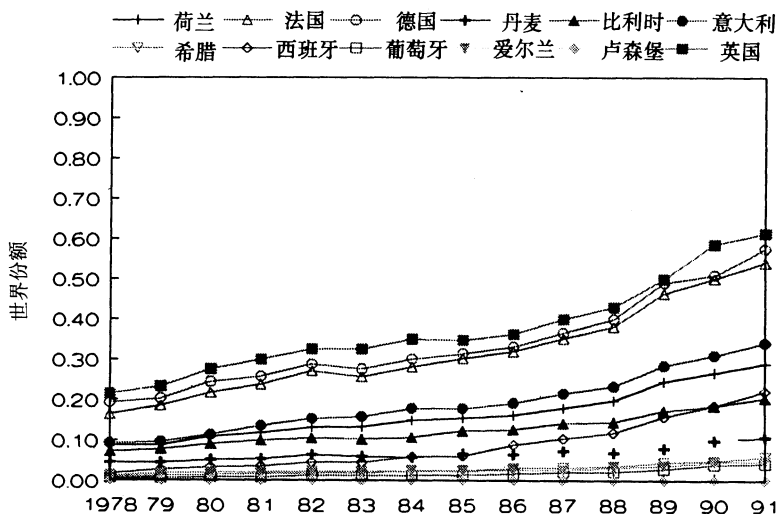


图 11-2 成员国间合著情况:按发表量的世界份额计

在一项探索性研究中,列维森和卡宁汉姆 (Lewison 和 Cunningham 1989) 利用国际合著指标,研究了以下问题:由欧盟资助的各种项目是否使得著者地址超过一个 EC 国家的论文数显著大于相同专业里未获得欧盟资助的研究小组的发表量? 这类合著论



表 11-1 发表业绩：按发表量的世界份额计  
(斜体为 *CHI*-指标：仅统计了论文、综述和注记)

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	(1992)
英国	7.952	7.852	8.118	8.309	8.312	8.154	8.278	8.318	8.469	8.606	8.621	8.700	8.685	8.649	8.624
	8.002	7.985	8.081	8.168	8.210	8.067	7.937	8.155	8.168	8.266	7.988	7.971	8.159	8.254	8.399
德国	6.161	6.068	6.019	6.161	6.347	5.919	5.916	6.098	6.099	6.306	6.149	6.278	6.178	6.376	6.435
	6.819	6.653	6.497	6.591	6.704	6.370	6.293	6.628	6.610	6.710	6.593	6.810	6.903	7.047	7.169
法国	4.611	4.734	5.209	4.789	5.064	4.698	4.725	4.838	5.169	5.115	5.272	5.332	5.227	5.266	5.264
	5.169	5.433	5.622	5.365	5.422	5.154	5.201	5.242	5.500	5.523	5.498	5.657	5.726	5.747	5.793
意大利	1.791	1.807	2.000	2.135	2.295	2.207	2.284	2.431	2.371	2.476	2.570	2.799	2.792	2.978	3.096
	2.033	2.071	2.178	2.236	2.346	2.407	2.521	2.510	2.578	2.674	2.837	2.991	3.069	3.235	3.355
荷兰	1.259	1.328	1.368	1.456	1.503	1.570	1.663	1.696	1.809	1.811	1.883	2.013	2.066	2.058	2.134
	1.385	1.468	1.498	1.585	1.604	1.670	1.772	1.812	1.861	1.928	1.969	2.115	2.198	2.193	2.271
西班牙	0.683	0.633	0.714	0.675	0.797	0.847	0.929	0.989	1.127	1.230	1.293	1.487	1.553	1.686	1.780
	0.805	0.800	0.850	0.798	0.899	0.966	1.017	1.111	1.295	1.392	1.459	1.512	1.654	1.742	1.848
比利时	0.845	0.819	0.905	0.906	0.954	0.884	0.895	0.905	0.918	0.987	0.937	0.945	0.953	0.965	0.974
	0.901	0.909	0.904	0.954	0.979	0.919	0.939	0.957	0.958	0.996	0.950	1.005	1.042	1.046	1.067

续表

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	(1992)
丹麦	0.706	0.734	0.718	0.771	0.797	0.739	0.749	0.728	0.801	0.774	0.746	0.787	0.771	0.782	0.780
	0.795	0.836	0.797	0.863	0.864	0.824	0.804	0.814	0.857	0.836	0.808	0.847	0.852	0.860	0.867
希腊	0.134	0.142	0.171	0.199	0.194	0.201	0.198	0.223	0.251	0.274	0.272	0.335	0.322	0.357	0.384
	0.156	0.166	0.192	0.222	0.233	0.240	0.236	0.256	0.299	0.321	0.322	0.368	0.355	0.404	0.434
爱尔兰	0.181	0.155	0.193	0.201	0.209	0.200	0.213	0.206	0.242	0.216	0.224	0.211	0.238	0.247	0.267
	0.175	0.161	0.193	0.190	0.199	0.202	0.199	0.181	0.205	0.212	0.210	0.202	0.231	0.227	0.231
葡萄牙	0.032	0.034	0.046	0.046	0.057	0.064	0.070	0.062	0.088	0.095	0.094	0.116	0.135	0.146	0.164
	0.037	0.041	0.051	0.053	0.064	0.068	0.069	0.071	0.092	0.099	0.110	0.130	0.153	0.164	0.184
卢森堡	0.001	0.003	0.003	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002	0.003	0.006	0.004	0.004
	0.001	0.004	0.003	0.005	0.005	0.006	0.005	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004	0.006	0.004	0.004
欧共体	23.874	23.794	24.852	24.986	25.788	24.754	25.110	25.661	26.444	26.883	26.981	27.697	27.458	27.919	28.338
	25.734	25.926	26.180	26.271	26.682	26.043	26.057	26.764	27.363	27.783	27.516	28.183	28.641	29.147	29.642
美国	37.320	37.314	36.623	37.084	37.087	36.134	35.730	35.799	35.637	36.183	35.902	34.715	36.737	36.622	36.568
	33.504	34.163	34.277	34.624	35.462	34.492	34.750	34.573	34.553	34.519	34.630	34.763	35.264	35.707	36.188

表 11-2 成员国间合著情况:按发表量的世界份额计  
(斜体为 CHI-指标:仅统计了论文、综述和注记)

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
英国	0.215	0.233	0.276	0.300	0.325	0.326	0.350	0.348	0.363	0.400	0.430	0.499	0.586	0.614
	0.235	0.267	0.307	0.338	0.361	0.365	0.395	0.398	0.415	0.457	0.470	0.533	0.638	0.675
德国	0.164	0.185	0.217	0.237	0.271	0.257	0.281	0.302	0.320	0.352	0.381	0.464	0.500	0.540
	0.189	0.217	0.246	0.272	0.303	0.296	0.318	0.354	0.373	0.413	0.435	0.513	0.566	0.602
法国	0.193	0.203	0.244	0.258	0.288	0.276	0.301	0.134	0.331	0.366	0.400	0.490	0.509	0.575
	0.227	0.240	0.274	0.294	0.333	0.324	0.354	0.371	0.399	0.432	0.464	0.541	0.573	0.647
意大利	0.092	0.096	0.114	0.135	0.153	0.158	0.178	0.178	0.192	0.216	0.234	0.285	0.310	0.342
	0.106	0.115	0.129	0.151	0.177	0.187	0.212	0.213	0.232	0.258	0.271	0.311	0.351	0.383
荷兰	0.087	0.088	0.109	0.118	0.131	0.133	0.149	0.155	0.161	0.179	0.198	0.246	0.268	0.290
	0.097	0.101	0.118	0.135	0.144	0.150	0.167	0.172	0.182	0.202	0.220	0.261	0.294	0.316
西班牙	0.018	0.028	0.034	0.036	0.045	0.045	0.059	0.061	0.088	0.104	0.118	0.158	0.186	0.221
	0.022	0.034	0.040	0.046	0.055	0.057	0.072	0.077	0.113	0.128	0.143	0.175	0.217	0.255
比利时	0.072	0.078	0.091	0.099	0.105	0.103	0.107	0.123	0.126	0.142	0.145	0.173	0.185	0.205
	0.082	0.092	0.096	0.114	0.113	0.117	0.121	0.137	0.144	0.156	0.162	0.189	0.208	0.231

续表

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
丹麦	0.045	0.045	0.052	0.054	0.064	0.060	0.058	0.066	0.065	0.074	0.070	0.080	0.100	0.108
	0.050	0.055	0.058	0.062	0.074	0.070	0.065	0.076	0.077	0.089	0.081	0.087	0.112	0.118
希腊	0.011	0.012	0.014	0.018	0.018	0.019	0.024	0.025	0.031	0.032	0.036	0.046	0.050	0.060
	0.013	0.014	0.016	0.021	0.023	0.022	0.029	0.031	0.039	0.039	0.044	0.052	0.058	0.068
爱尔兰	0.013	0.018	0.020	0.020	0.022	0.023	0.025	0.023	0.028	0.027	0.032	0.037	0.046	0.048
	0.014	0.020	0.025	0.022	0.024	0.026	0.028	0.025	0.029	0.032	0.033	0.040	0.047	0.053
葡萄牙	0.007	0.006	0.008	0.008	0.013	0.012	0.012	0.014	0.018	0.021	0.022	0.029	0.040	0.043
	0.008	0.008	0.011	0.010	0.017	0.016	0.016	0.019	0.022	0.026	0.028	0.033	0.047	0.048
卢森堡	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002
	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002
合计	0.918	0.993	1.181	1.286	1.437	1.414	1.545	1.610	1.725	1.914	2.068	2.509	2.781	3.047
	1.043	1.163	1.321	1.467	1.625	1.632	1.778	1.874	2.026	2.234	2.351	2.738	3.113	3.398

文被引用的情形是否有差异<sup>〔1〕</sup>？他们的主要结论是，由 EC 资助的项目产生的论文享有跨国合著发表物之总体显示度较高的特征；而且在某些情形下（但并非在所有情形下），它们的引用分布曲线上的“峰值较早出现”。这些作者还认为，后一种效果的产生是因为 EC 项目成果可得到迅速传播。

在列维森和卡宁汉姆（Lewison 和 Cunningham 1989）的探索性研究的基础上，欧洲委员会又委托了一系列项目以探讨跨国合著发表物之主题。这些研究突出地表明：一般说来，国际合著论文，无论它们是否获得欧盟资助，均有着高得多的引用率（Narin 和 Whitlow 1990；Narin 等 1991）。然而，这一结果并没有回答原先的问题，即，我们是否可以利用这一指标以显示，就欧洲科学家的发表行为而言，出现了日渐增强的国际化趋势；若然，我们可以在何种程度上将这一进展归功于欧盟委员会的资助计划？“欧洲化”这一概念引入了一种系统视角，单靠测量和描述统计学是无法说明这种视角的。

概括地说，关于国家发表系统的测度问题的讨论，促使我们注目于国际合著的发表物这一可能用于表征跨国网络的指标。关于这些论文的引证研究表明，它们已然构成了一个有着高得多的影响因子的特殊子群。不过，这可否作为 EC 干预的直接效果的证据还很难说。

## 第 2 节 分布与系统

科学计量学信息的一个严重的问题是，这类信息始终处于需要解释的状态。科学计量学的部分信息是可以使用数据库来进行

---

〔1〕亦请参见其他一些工作：Pendlebury 1989；Schubert 和 Braun 1990；Schott 1991；Luukkonen 等 1992；Leclerc 等 1992。

分析的定量数据,这些信息可为政策过程提供有用的反馈。然而,当信息不确定且(或)较复杂时,信息的定性解释就不能再基于对数据的表观检测和(或)常识性的事后共识,而必须通过确定某种事前假设来加以保证。如果说各种模型将导致不同的预测,那么观测数据将使我们能够在这些不同模型之间做出区分。

无疑,研究者在建模时的选择,即,他们是将欧洲诸国视为分立的发表系统还是视为一个单一的发表系统,会导致他们对相应于这些国家的指标是否会随自身的历时变化而发生共变这一问题形成不同的预测。一个系统往往有其对数据的特定组织方式,而且,正是由于能够保持这一结构,该系统才成其为一个系统。人们就会以为,在系统层次上是会发生变化的;而当没有系统假设时,则可以预料,各个要素是会独立发生变化的。换言之,这两种非此即彼的假设可帮助我们确定与预期中的未来行为相关的信息:在一个系统中,较低层次上的各种要素的历史对于系统自身层次上的预测将不再有意义;因此系统形成其自身的历史。

一方面,就任何单个要素而言,其历史趋势线都包含着对其下一个值的期望(参见第 9 章)。另一方面,作为多维构造物的系统的当前状况,包含着对于其未来状况的预测,而且较之于从系统各要素的历史中所能构造的预测是一个较好的预测<sup>[1]</sup>。概括地说,高阶(如欧洲)系统假设允许我们做出两类最好的预测:一个是以系统的每一个别要素的值为基础形成的;另一个是针对作为整体的系统而言的,也就是基于过去一年的分布形成的预测。从原则上讲,通过将这两类预测值与实际值相比较,我们可以发展出一种

---

〔1〕 在系统分析中,这一性质也被称之为系统的马尔科夫性质。如果系统的当前状况给出了系统的未来状况的最佳预测值,则该系统具有一阶马尔科夫性质。如果将更多的系统以往状态也考虑进去的话——如我们在后面的一节里将要做的——这就升高了马尔科夫链的阶。然而,我们随后就要展开的最强检验是仅基于系统的当前状况进行的。

检验,以判断这些要素是否作为一个单一系统发展起来的。

在第9章中曾指出,第 $n+1$ 年的 $F$ 指标的值,可根据以下函数关系,利用从第 $m$ 年到第 $n$ 年的 $F$ 指标的值来进行预测<sup>〔1〕</sup>:

$$F_{n+1} = \left\{ \frac{\left( \sum_{i=m}^n F_i \right) - F_m}{\left( \sum_{i=m}^n F_i \right) - F_n} \right\} \cdot F_n$$

在第9章还曾指出,将这一公式扩展到多变量预测,即得出前述的马尔科夫性质,即系统的当前状况包含着对系统在其下一个状态下的分布的最佳预测。

现在让我们运用前面所给出的、描述国别和欧洲层次上的发表业绩的观测数据,考察这两类预测。首先,EC诸国发表量所占世界份额之百分比是否显示出了某种超国家层面的系统特征?其次,如何看待前面提出的、用于表征欧共体范围内国际合著发表情形的网络指标?

## 1. EC是作为一个单一的发表系统发展的吗

我们选取1978—1987年时段作为一个十年的时间序列,并将其作为输入信息代入上式,就可得到一个对1988年的最佳估计值;然后,将此预测值与仅仅以此前一年即1987年的数据分布为基础获得的预测值进行比较。1988年的观测数值则可以用作对于以下假设的第一个检验:这一组数据是否蕴涵有一个系统的发展过程。继之,对于这一暂定性的结论,我们用1988年以降的年份数据继续予以检验。

一个较为复杂的情况是,对于单变量序列的最佳预测,不一定非要基于整个时间序列来进行,譬如,在出现了趋势逆转时,就不

---

〔1〕 可用确定数目的年份期间的平均值替代 $F_i$ 值进行计算,以消除使用各年份的 $F_i$ 值所导致的不规则性。

必这样做。为时间序列选择一个初始年份,就已经隐含了某种附加性的假设。出于此种考虑,在分析这一时间序列时,我将逐年选取年份作为第一年进行分析,而且我将选择出这样一个预测,它使得,用来预测第  $n+1$  年的值的这一信息的期望信息量获得最小的增加值。须知,当观测值与期望值一致时,观测值就不含有任何信息,因此,最佳预测是与最小期望信息量联系在一起的。

表 11-3 1988 年的预测值与实测值的对比  
(所有数值均为发表量所占的世界份额)

	1978...1987	1988	1988
	实测值	预测值	实测值
英国	7.95...8.61	8.75(1985)	8.63
德国	6.16...6.31	6.41(1983)	6.15
法国	4.61...5.12	5.22(1983)	5.27
意大利	1.79...2.48	2.56(1978)	2.57
荷兰	1.26...1.81	1.88(1978)	1.88
西班牙	0.68...1.23	1.34(1982)	1.29
比利时	0.85...0.99	1.01(1983)	0.94
丹麦	0.71...0.77	0.78(1978)	0.75
希腊	0.13...0.27	0.30(1984)	0.27
爱尔兰	0.18...0.22	0.22(1980)	0.22
葡萄牙	0.03...0.09	0.11(1978)	0.09
卢森堡	0.00...0.00	0.00(1984)	0.00
EC	23.87...26.88		26.98

表 11-3 显示了对 12 个 EC 国家的分析结果。所有的值均以世界份额百分比的形式给出,以便进行直观理解。表中数据是基于表 11-1 中的上行数据(即,这些数据所指的是集总数;此外,所有的分析都用 *CHI* 指标进行了检验)。表中第 3 列数据为对



1988 年的预测值,它们是基于从第 4 列中所列年份至 1987 年的时间序列获得的。表 11-4 既给出了这些分布之间的皮尔森相关性,也以毫比特为单位给出了差值的期望信息量。信息测度对于差值要比对于分布之间的皮尔森相关性更敏感,因为后者主要是检验相似性的显著程度的。

表 11-4 皮尔森相关性以及以毫比特给出的差异

皮尔森相关性		
	1988 实测值	1988 实测值
	1987 实测值	1988 预测值
EC	0.999 63	0.999 71
EC-卢森堡	0.999 60	0.999 69
EC-英国	0.999 27	0.999 44
<i>I</i> :以毫比特为单位		
后验分布	1988 实测值	1988 实测值
先验分布	1987 实测值	1988 预测值
	0.54	0.45
EC-卢森堡	0.54	0.45
EC-英国	0.78	0.64

显然,相继年份的分布之间有着极高的相关性。然而,1988 年观测分布与 1987 年观测分布之差相当于 0.54 毫比特信息单位,而且这一差值较之于 1988 年观测分布与基于各国各自的时间序列所得到的最佳预测值之差,还要高出 20%。因此,我们不得不拒斥以下假说:从发表量所占的总体世界份额来看,EC 正在作

为一个单一的发表系统在发展着<sup>〔1〕</sup>。

## 2. EC 成员国间的合著

现在,让我们运用同样的方法探讨“成员国间的合著”的发展。如前所述,与发表物的数量形成对照,这一指标就其本性而言,揭示出的是一种网络关系。图 11-2 较之于图 11-1 所描绘的模式,看上去更容易将其解释为系统发展的表象。

以 1978—1987 年期间的图形为基础,我们对 1988 年重新进行预测,并将之与实测值进行比较。结果列于表 11-5。我们通过比较第 3 列与第 5 列数值可以看出,基于单变量时间序列对 1988 年各国的预测值几乎是完美的,直到百分数的小数点后第 2 位数都相吻合。然而,尽管这一预测是很优秀的,但由此所给出的分布仍然不同于 1988 年的实测分布,且这一差异较之于此前一年即 1987 年的分布与 1988 年实测分布之间的差异要高出 15%。因此,我们不必拒斥以下假说:成员国间合著指标主要反映了作为一个系统的 EC 的性质,而非各国独有的特性(见表 11-6<sup>〔2〕</sup>)。

总体来说,运用熵测度值,可以发展出一种统计方法,它能使我们能以非参数方法对次年的数值进行预测,而且不依赖时间序列的长度(只要它大于或等于 3 年)。该统计法的基本假定,如缺乏进一步的信息,就没有理由期待相关分布会随时间变化——较之于完成回归分析或 ARIMA 时间序列分析所隐含的数学理想化过程所要求的假定,前者所受的限制性要弱得多。例如,进行 ARIMA 时间序列分析至少也需要 50 个左右的测量点。

---

〔1〕人们可能会争辩说,在评估“欧洲”系统时应将卢森堡和英国排除在考虑范围之外,所以我们在此也给出了排除这两国情形下的各种数值,但是,这些修正不会影响我们的结论。

〔2〕在此情况下,不考虑卢森堡会使该模式显得更加清晰。

表 11-5 与其他 EC 成员国的合著发表量  
(所有数值均为发表量所占的世界份额百分比(%))

	1978...1987	1988	1988
	实测值	预测值	实测值
英国	0.215...0.400	0.429(1985)	0.430
德国	0.164...0.352	0.380(1983)	0.381
法国	0.193...0.366	0.392(1983)	0.400
意大利	0.092...0.216	0.242(1985)	0.234
荷兰	0.087...0.179	0.192(1980)	0.198
西班牙	0.018...0.104	0.120(1979)	0.118
比利时	0.072...0.142	0.153(1978)	0.145
丹麦	0.045...0.074	0.078(1983)	0.070
希腊	0.011...0.032	0.036(1978)	0.036
爱尔兰	0.013...0.027	0.029(1979)	0.032
葡萄牙	0.007...0.021	0.026(1985)	0.022
卢森堡	0.001...0.001	0.001(1978)	0.001
EC	0.918...1.914		2.068

表 11-6 多边合著论文的 EC 网络:皮尔森相关性和以毫比特表示的差异性

后验	1988 实测值	1988 实测值
先验	1987 实测值	1988 预测值
皮尔森相关性	0.99953	0.99948
I(毫比特)	0.94	1.08

结论是,从欧洲成员国内部合著论文的情形来看,对于 1988 年的多变量预测优于各种单变量预测的总和,尽管这些单变量预测也与实测值相当吻合。因此,这类数据显示,从多边合著论文的角度来看,在欧洲存在着一个单一发表系统,但不能笼统地说存在一个整体的发表系统。

### 3. 扩展到 1988—1991 年时段

以上结论引起了以下两个后续问题。其一,如果说在欧洲成员国之间已然发展出了这样一个多边合著论文系统,那么人们自然要问,它突现于何时,它的性质是怎样的,它是否与欧洲的科学政策相关,又是如何相关的?其二,该系统的稳定性如何?

上述见解是基于 1978—1988 年期间的数据提出的,但我们并没有穷尽我们所有的数据。因此,上述结论可以看作是一些有待于新数据的检验的假说,而这些新数据每年都会在所研究的系统的运作过程中产生。表 11-7 显示了关于 1988 年、1989 年、1990 年和 1991 年的各种预测的质量,该表是以与表 11-4 和表 11-6 相类似的格式制作的。在该表的后半部分,人们可以看到,多边合著论文网络的假说被 1989 年的数据所证伪,但却为 1990 年和 1991 年的数据所支持。照事后之见,直观地检视图 11-2 的曲线,也可以分辨出 1989 年数据的不规则性。

表 11-7 分别基于单变量时间序列与基于前一年的  
分布给出的预测的信息量(黑体为最佳预测)

发表物总数所占的 世界份额百分比	观测值对预测值 观测值对前一年的观测值	
	(马尔科夫)	
1988	<b>0.45</b>	0.54(毫比特)
1989	<b>0.60</b>	1.26
1990	0.50	<b>0.41</b>
1991	<b>0.39</b>	0.58

续表

EC 成员国国际合著论文数 占世界份额百分比		
1988	1.08	<b>0.94</b>
1989	<b>0.36</b>	0.92
1990	2.70	<b>2.51</b>
1991	2.66	<b>1.02</b>

对于发表量数据的预测表明,在 1990 年时出现了偏离以前模式的情形;但在此情形下,若使用 *CHI* 指标,则该系统的预测不会被 1990 年和 1991 年的数据拒斥。然而,差值很小。因此,可以认为,基于从数据中发现系统这一假说的预测的精度相对来说正在改善,尽管通过比较各种不同预测的相对效力,还不足以为关于欧洲层次上的发展这一假说提供一个坚实的基础<sup>[1]</sup>。

概括地说,于 1988—1991 年时段上的扩展研究表明,关于欧洲发表物结构的所有结论仍然是假说性的。正如上述各种科学计量学数据仍需要解释一样,关于这些数据的各种系统论解释也有待下一次数据更新之时。

### 第 3 节 从“是否”到“何时”与“为什么”

对于多边合著论文网络中突现系统这一假说,上述支持性论证并未揭示这一系统的突现与欧洲化过程是相关的。在这一情境中“突现”意味着什么?为了回答这个问题,我们有必要就第 10 章中曾详细叙述过的系统内以及系统间动力学转变的各种类型重新

[1] 拒斥关于一个发表物网络正在突现之假说的另一个支持性论据是,如以 2 年移动平均值代替原始数据进行计算,则这一效应[指欧洲发表物系统]消失。这种在其他情况下会是中立的操作抑制了数据表达过程中的噪声。

予以区分。

首先,系统彼此之间可互为条件,而且这些边界条件可随时间变化。欧洲委员会所关注的问题——欧共体基金是否已然改变了欧共体范围内的国际合著模式——就是指也许是在该委员会干预下产生的上述系统的动态边界条件是否发生了变化。对于参加欧共体项目的著者来说,较之于那些没有参加项目的著者而言,外加的资源结构是否已明显地改变了他们的国际合著关系的概率分布?

从研究设计上讲,要回答这一问题,有必要将欧洲国际合著网络分解为一个受欧共体资助的著者子集与一个未受其资助的著者子集<sup>〔1〕</sup>。由于信息论中所有公式都是由  $\Sigma$  求和的形式构成的,因此我们很容易估算出这两个子集对总体不确定性(从而对变化过程)的贡献。

实际上,收集进行此项研究所必需的数据可能要很大的花费。因此,让我们来预先估计一下,如果在这两个子群间有着显著不同,能告诉我们一些什么。它或许告诉我们,分属不同子群的著者有着不同的表现(或没有区别)<sup>〔2〕</sup>。或许,获得 EC 资助的著者就是因为这样的理由才得以被选中的。然而,这种结果并不能充分地表明 EC 资助对整个系统的运作所发生的定性影响。为测量对系统运作的影响,我们必须首先确定,这样一种影响在操作意义上究竟意味着什么。

如何才能将较高层次上(即,欧洲层次上)的组织度的突现与较低层次上(即,国家层次上)的这类分布数据联系起来进行建模?如前所述,对于一个系统与其特定的环境来说,如果系统漂移超出

---

〔1〕 需要说明的是,这里还可能有这样一种不确定性,即可能存在一些“中间群组”。

〔2〕 显著性是可以检验的,如,使用卡方检验法。所谓的对数似然比卡方是基于信息论给出的,因此,其结果是与统计学分解分析的结果直接相关的。

了其环境阈值,在系统和环境之间就会发生“锁定”(Arthur 1988)。此后,系统就不能返回以前存在着的各种可供选择的路径,因此,这种转变是“路径依赖的”。譬如,在我们的例子中,这种路径依赖就对应着这样一种情形,即,受欧洲委员会资助的[著者]子群如失去这种资助则会(在一段时间后)不再能够进行合著。关于这种类型的锁定,直观的例子可见于空间科学家或核物理学家:对于他们来说,如果没有了由国家(或超国家机构)干预下安装的昂贵的实验装置,他们的研究就不再可能取得进展。

然而,欧洲委员会所关注的并非在于它是否已成功地促使有关科学共同体的一部分依靠它的资助工作,而在于它的资助是否通过促进一个性质截然不同的多国合著网络的突现,而对整个欧洲的科学发表系统产生了影响。于是,对于受 EC 项目资助的著者子群的特殊激励应该已然在更大的系统内引发了某种更广泛的发展,譬如,这一指标的显著增长模式。

显著增长模式的一个著名的例子是 S 型增长或扩散曲线(见图 11-3)。起初,系统处于迟缓[发展]阶段,然后开始以指数形式增长(对数相态),经过一定时期后它到达新的平衡状态(饱和状态)。对数相态对应着不可逆转变期;而且系统可能会再次衰退,但如果发生衰退,也只能是沿其他路径衰退。一般说来,如果系统的后续发展不依赖于它作为一个系统所具有的此前历史,那么该系统已然经历了某种路径依赖的转变。

譬如,在到达稳定状态(图 11-3 中 C 态)后,系统有着衰退至状态 D 的可能性,而这与系统是从状态 A 还是从状态 B(即初始的迟缓[发展]状态)到达状态 C 无关。换言之,只要此前历史影响到了系统的未来发展,系统就不是一个真正的新系统(注意,此问题与系统的预期行为是否依赖于系统要素的历史那一问题是大不相同的)。

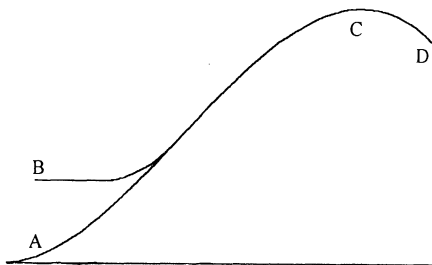


图 11-3 S 型曲线

S 型增长曲线是单变量趋势线。在此,我们感兴趣的是,这类如图 11-2 所示的曲线是否揭示了这种转变的特征。所产生的网络是否显示了系统的路径依赖性,若然,是在哪些年发生转变的?评估这类转变并不能通过对这类曲线集进行表观检视来进行,因为这类变化中有意思的部分包含在相互作用项之中。

如在前面一些章节里所论证的,这一问题可以通过权衡下列不等式来进行研究:

$$I(\text{year}_t : \text{year}_{t-1}) + I(\text{year}_{t-1} : \text{year}_{t-2}) < I(\text{year}_t : \text{year}_{t-2})$$

这一不等式使我们能够将某一“正常的”中间年与某一改善了预测的中间年区分开来,后者的改善预测程度非常大,以致于如不考虑此年,就无法恰当地评价信息的传递。如果这一不等式成立,则可以认为系统的发展在  $t-1$  年是路径依赖的。由于  $I$  是依照概率分布来定义的,因此,将此不等式扩展到多变量情形不为难事。

## 第 4 节 合著关系系统是否已出现

如前所述,我们已经找到证据表明,仅从多边合著论文的角度来说,存在着 EC 层次上的系统。对 12 个 EC 国家在所研究时段内的多边合著论文分布情况加以评价,可以看到,1983 年、1986 年



和 1988 年对应着符合前述定义的路径依赖型转变。

由于基于三个分散的测量点导出结论似乎有证据不足之嫌,我采取了以下两种策略以期从这些数据中清除噪声。其一,如在较长的操作时段上评价系统行为,则在系统层次上发现规则性的机会将增大。因此,我用两年的移动平均值代替年度数据进行计算,以使操作周期扩展到两年。在此情形下,我发现自 1981 年以来所有年份都显示出了路径依赖性<sup>[1]</sup>。

其二,若以 *CHI* 指标代替集总的数据进行计算,则可将 1979 年、1983 年、1986 年和 1988 年一并视为路径依赖转变年。对数据作进一步的分解,可导致如下结论:路径依赖性仅见于多国合著论文维度,而比较关于多国合著的综述、注记和简报的分布时却不曾发现这种路径依赖性。

概括地说,在我们所讨论的时间段(1978—1991 年)中,EC 成员国间的国际合著网络经历了一系列路径依赖型转变,但这种转变只限于多国合著论文这一维度。

## 第 5 节 结论与讨论

上述结论对于我们回答欧洲委员会的干涉所起作用之问题有什么作用?看起来,并非所有这些转变均是由欧洲委员会的干涉所引起的,但我们也不能排除这样一种可能性,即,欧洲委员会的政策可能已经诱使多国合著论文网络发生了一个或多个路径依赖型转变。

因此,我们所要探讨的问题是上述转变的起源问题。欧洲委

---

[1] 显然,系统经由路径依赖型转变进入新的状态并不是不寻常的事。检查发表物的集总系统,我们发现,在论文维度上,在 1978—1991 年的 12 年中,有 9 年表现出了路径依赖性。然而,别忘了,我们已经拒斥了作为次年发表量的最佳预测的欧洲系统假说。(非系统的东西不能当作系统来评价。)

员会是否正在有效地促使 EC 成员国间的跨国合著系统发生变化?或者说,该系统正在发生变化,并且这种变化表明:系统既是 EC 资助经费的有效出口,又是 EC 干预正当性的源头?我们可用哪种类型的经验证据来确证或证伪这两个假说?

上述关于系统的相关期间里曾发生质的变化这一证据是支持这两个假说的。但我们也不能忘记,欧洲委员会的干预引发这类变化这一假说需要有一系列的中间步骤。委员会的资助只是改变了某些研究项目的边界条件。这一变化可能导致这样一个多国合著论文子集的突现,该子集的种种特征明显不同于更大的论文集合。然而,证明这样一个子集存在的证据还不足以让人信服。较高的显示度也可以由子群内较高程度的多国合著论文工作来说明。

从动力学上讲,欧洲委员会为子集创造出了一个不同的选择环境;但可以预见的是,只有当该子集与其新创造出的环境之间发生某种较为稳定的锁定或发展出某种特殊关系时,委员会干预的效果才会显得不同寻常。然而欧洲委员会的目的并不是要将欧洲科学家的一个小子集与它的政策和资金拴在一块,因此我们所研究的主要问题是参照整个系统来评价其资助政策的效果。诚然,我们所设想的、针对子集而言的锁定的发生,会对系统的其余部分产生某种影响,但未必一定导致较大的集合中发生路径依赖型转变,而我们在实际上看到了这种转变。这一子集的发展本来也有可能产生较小的影响。

总之,要确立一个理论以阐明欧洲委员会的干预如何有可能导致对观察到的效果的预测,需要很多假设。但是,以前曾介绍过的下述事实,即,从引用方面来看,国际合著论文获得了高得多的承认(Narin 等 1991),显然是支持可用于解释系统行为的正反馈假说的。国际合著论文网络的载体亦即该网络所涉及到的科学家,如从引用度来看,似乎享有更多的成功机会,因此估计他们会

去寻求新的资金来源以进行这种类型的交流。有关数据强烈地显示着,该网络尤其是就其论文维度而言仍处于建设之中。按照这一理论,欧洲层次的机构主要是作为一个现成的办公窗口来发挥作用,使科学家们能够组织起一个欧洲层次上的交流系统。

(乌 云 译)

## 第 12 章

# 知识表象、贝叶斯推断和经验性科学元勘

概率论在科学哲学(例如, Hesse 1974; Howson 和 Urbach 1989)、人工智能(Pearl 1988)和经验性科学元勘中的应用,使我们可以对迄今相互联系较弱的这三个学科传统进行比较和综合。在本章,我将论证,将贝叶斯公式引入香农信息论,给我们提供了一个关于结构/行动权宜相关性及其动态相互作用的模型。

贝叶斯哲学可以被看作是这样一项特例,其中假说网络提供了结构,而证据作用其上。上述三种理论体系的差别,可通过以下情形来把握:事件情况的信息含量是用系统的后验信息含量还是先验信息含量来评估?事件情况的信息含量是否相应增加了系统的信息含量或冗余度?经验性科学元勘的研究纲领可以描述为是包含了一种特殊哲学的。

## 第 1 节 贝叶斯公式的信息论评价

贝叶斯公式的推导直接依照概率论第三定律:

$$p(A \wedge B) = p(A) \cdot p(B|A) \quad (12.1)$$

或等价于:

$$p(A \wedge B) = p(B) \cdot p(A|B) \quad (12.1')$$

因此:

$$p(A) \cdot p(B|A) = p(B) \cdot p(A|B) \quad (12.2)$$

于是有贝叶斯公式:

$$p(A|B) = \frac{p(A) \cdot p(B|A)}{p(B)} \quad (12.3)$$

当  $p(A|B)$  是一个后验概率, 即 B 给定时 A 的概率, 而  $p(A)$  可以看作是一个先验概率时, 可以用下式评价 A 受 B 的条件制约这一情况的期望信息含量( $I$ ):

$$I_{(A|B:A)} = \sum p(A|B) \cdot \log\{p(A|B)/p(A)\} \quad (12.4)$$

合并式 12.3 和式 12.4 得到:

$$\begin{aligned} I_{(A|B:A)} &= \sum p(A|B) \cdot \log\{p(A) \cdot p(B|A)/p(B) \cdot p(A)\} \\ &= \sum p(A|B) \cdot \log\{p(B|A)/p(B)\} \end{aligned} \quad (12.5)$$

这个公式可以写为两个对数的差值形式, 因此可以将它看作是对(见第 8 章)B 给定时 A 的预期值的改进:

$$\begin{aligned} I_{(A|B:A)} &= \sum p(A|B) \cdot \log\{p(A|B)/p(B)\} + \\ &\quad - \sum p(A|B) \cdot \log\{p(A|B)/p(B|A)\} \\ &= I_{(A|B:B)} - I_{(A|B:B|A)} \end{aligned} \quad (12.6)$$

用文字表述一下: 如果在我们的先验分布( $\sum p(B)$ )的知识之上再加上关于它是如何受其他分布( $\sum p(B|A)$ )的条件制约的信息, 则 A 受 B 条件制约这一情况的期望信息, 等价于后验分布( $\sum p(A|B)$ )预测值的改善程度。关键点是在各自参考系中发生的转变: 如果我们知道 B 是如何受 A 条件制约的, 这将提高我们对 A 是如何受 B 条件制约之情形的预测。

尽管这些公式的推导完全是解析的——这一推理的循环论证性一直是人们对贝叶斯视角的主要异议, 但动态解释并不是无关紧要的。A 和 B 可以看作是互通信息的耦合体系。然后, 我们得到一个针对第 9 章最后一节详述的结构/行动权宜相关性问题的共同演化模型。这个模型可以推广到对两个(或更多)结构耦合体

系之间的动态关系的研究方案中。

## 第 2 节 在社会网络分析中的应用

如果我们假定在任一时刻有一个结构 A 和行动者的一个分布 B,那么在给定结构下,行动者就会采取行动;所以当 B 运行时,它是受 A 的条件制约的。在下一瞬间也就影响结构 A。这个影响可以用 A 在随后的瞬间变成受 B 的条件制约这一情况的信息期望值来表示(见图 9-11 对这个问题的直观表示)。

让我们将式 12.5 写为如下形式:

$$I(A|B:A) = \sum p(A|B) \text{ 后验} \cdot [\log\{p(B|A)/p(B)\}] \text{ 先验} \quad (12.5')$$

这个公式说明,节点的行动和网络是如何相互动态制约的:右侧因子 $\{p(B|A)/p(B)\}$ 描述的是任何行动受到的前一瞬间之结构的瞬时制约,而左侧的因子是对行动之后的网络的描述,也就是后一瞬间的 $p(B|A)$ 。

关键在于这些公式允许参考系的变化:通过观察行动者,能够推断出关于网络进展的知识,尽管后者是一个不同的分析单元。右侧的因子把 B 作为它的参考系;要想评估它,可以看看行动者在某一瞬间是如何受网络制约的。左侧的因子表示在后一瞬间对网络的影响。于是,在我们知道前一瞬间(先验)行动是如何受网络制约的情况下, I 就表示对网络随后(后验)状态的期望值的改进。

对后一瞬间网络 A 的期望值的改进,是由于前一瞬间 A 与 B 之间交换了信息。在静态模型中,各分布之间的交互信息(T)是由分布的不确定性(H)来定义的,见下式(请参见第 7 章,尤其是图 7-1):

$$H_{AB} = H_A + H_{B|A} = H_B + H_{A|B} \quad (12.7)$$

$$T_{AB} = H_A - H_{A|B} = H_B - H_{B|A} \quad (12.8)$$

因此, 方程 12.5' 中右侧因子的二项之间的关系( $p_{B|A}$  和  $p_B$ ) 只告诉了我们静态传递, 也就是说, 指的是图 9-11 中箭头的影响, 即前一瞬间的结构对行动的制约(参见 Giddens 1979)。与贝叶斯公式的结合, 使得我们能就网络上发生事件的更新值进行推断, 即使我们不能直接观察到那些事件。

在任意时刻, 对网络不确定性的了解改善了我们对于行动系统不确定性的预测, 但只是涉及发生信息传递的那部分, 也就是,  $H_B - H_{B|A} (= T)$ , 而不涉及不确定性( $H_{B|A}$ )的剩余部分。这两个耦合系统在互作用或者共变中互通信息, 但是任一系统中的剩余不确定性仍保持“自由”: A 代表一个决定着自身全部不确定性的自参照系统。在每一瞬间, B 如何受 A 的条件制约并不能告知我们 A 是如何受 B 的条件制约的, 只能告知我们制约作用如何降低了剩余不确定性。按照定义, 在网络中起支配作用的不确定性至少等于它的(先验的)期望信息量( $H_A$ ), 其最大值仅仅受 A 的各要素的对数值( $\log n_A$ )的限制。

换句话说: 当两个系统在静态关系中互相制约时, 也可以期待一个动态互作用。经过一个周期之后(后验), 与 B 之间已经发生了特定互作用这一事实属于 A 的历史(也就是, “对 A 是一个给定条件”)。如果这一动态互作用发生历时重复, 可能会突现某种形式的动态耦合。注意, 如此说来动态耦合就是 A 与 B 之间(静态的)互通信息的结果。

而且, 预测的改进必为正值, 因为公式 12.5 等价于公式 12.4, 而后者可以证明是正值(Theil 1972, 第 59 页之后)。因此, 如果我们知道在前一阶段结构如何制约着行动, 那么在后来状态下, “给定行动下的结构”的预测值总会改善。在每一周期中, 因为  $H_{A|B}$  的新值是下一周期的初值( $H_A$ ), 期望信息量总是增加的。换句话说, 结构/行动权宜相关性产生了“概率熵”, 也就是香农式的信息, 从而具

有一个历史<sup>[1]</sup>。它可以被认为是变异的一个动态源。

一个交流网络 A 在结构上耦合于该网络的结点(B)(Maturana 1978; Luhmann 1984),就像矩阵的列与行之间的权宜依赖关系。行代表相互联系的行动者;列可以被看作是交流。如果结点都开展各自的操作, A 的有界性对 B 的作用和 B 的有界性对 A 的作用是不一样的。既然  $I$  可以作为预测质量的量度,该模型就允许我们发展一个量度,来反映关于结构/行动权宜相关性的经验研究所产生的某类数据是否(以及在多大程度上)代表着结构,另一类数据是否(以及在多大程度上)代表着行动,或反过来。

人们可以容易地设想一种方案,在其中,在某一瞬间表示行动或“微观变异”的系统,在下一瞬间就成了结构或者“宏观选择”。就方法论而言,这两种观点是对称检验,因为从结构和行动在共同演化过程中“相互塑造”这种观念来看,两种观点在概念上是对称的。然而,如果系统 A 和 B 在一次运行中完全耦合,也就是,两个系统未显示出独立发展的迹象,则  $I_{(A|B:A)}$  等于  $I_{(B|A:B)}$ 。

### 第 3 节 科学计量学中的一个经验范例

让我提供一个经验范例:即利用 13 种主要化学期刊(列在表 12-1 中)相互之间的总体互引数据构成的处理矩阵,第 9 章中使用过同样的数据。(如那里所说,利用 SCI 的期刊索引报告可以编制这些矩阵。)可以认为,各期刊 1984 年矩阵是作为后验分布的 1985 年矩阵的先验分布。1984 年矩阵列于表 9-2;1985 年矩阵如表 12-2 所示。

---

[1] 如前面几章所述,拥有历史并不暗示这个历史总是对系统的进一步发展很重要。历史信息有时会失去它的相关性(例如,如果系统具有马尔科夫性或经历了路径依赖型转变)。



表 12-1 用来建立集总的期刊-期刊引文网络的 13 种化学期刊

期 刊	编 组
Chemical Physics	<i>chemical physics</i>
Chemical Physics Letters	<i>chemical physics</i>
Inorganic Chemistry	<i>inorganic chemistry</i>
J. of the American Chemical Society	<i>organic chemistry</i>
J. of Chemical Physics	<i>chemical physics</i>
J. of the Chem. Society-Dalton Trans	<i>inorganic chemistry</i>
J. of Organic Chemistry	<i>organic chemistry</i>
J. of Organometallic Chemistry	<i>inorganic chemistry</i>
J. of Physical Chemistry	<i>chemical physics</i>
Molecular Physics	<i>chemical physics</i>
Physical Review A	<i>chemical physics</i>
Tetrahedron	<i>organic chemistry</i>
Tetrahedron Letters	<i>organic chemistry</i>

表 12-2 1985 年 13 种化学期刊的引文矩阵(1984 年的相应矩阵见表 9-2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	(引用)												
1	936	705	44	173	1168	—	—	—	487	170	87	—	—
2	965	2371	201	828	2819	38	60	—	1669	438	286	72	—
3	22	122	5892	1968	144	1177	87	1176	351	27	—	26	24
4	328	979	4891	15855	1235	1132	7632	2710	3077	160	25	3593	3639
5	2630	4602	639	2316	14328	139	152	111	4775	1827	1472	167	—
6	—	25	1091	529	—	1199	30	869	58	—	—	20	—
7	—	25	102	2314	—	49	5661	616	100	—	—	2020	2509
8	—	—	689	1041	—	541	338	3480	—	—	—	152	248
9	256	868	491	1238	1568	67	193	37	4121	155	80	108	33

续表													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	(引用)												
10	322	445	86	221	1175	—	—	17	328	1165	149	25	—
11	221	291	—	—	1064	—	—	—	87	214	4273	—	—
12	14	—	31	813	—	23	1114	179	38	—	—	1116	908
13	—	—	75	1942	—	23	3171	683	58	—	—	2047	3748
(被引用)													

如第 9 章所论述的, 可以认为“引用”是每年不断变化的(行动)变量, 而“被引”是指各个期刊文献的档案。因此, “被引模式”可以被认为是结构性的。既然这个引文矩阵包含被引维度和引用维度的交互信息, 它就应该能为我们提供一个机会, 通过利用上面推导出的公式, 就引证行为对来年引文结构的影响做出预测。

我们首先讨论一个表象, 其中的两个维度在一个单一操作(即引用)中是完全耦合的。在 1984 年, 一个静态解释提供给我们 964.2 毫比特的“引用”和“被引”之间的交互信息  $T$ 。对于 1985 年, 其相应数值是 972.4 毫比特, 那就是说, 增加了 8.2 毫比特。然而, 在动态模型中(也就是利用公式 12.5)我们发现, 根据 1984 的数据所作的预测, 1985 年期望值增加到了 969.7 毫比特, 也就是说, 比 1984 年多了 5.5 毫比特。这意味着, 在 1984 年和 1985 年之间传送中发生变化的 8.2 毫比特中的 5.5 毫比特, 也就是 67.1%, 可以归于早先的传送。换句话说: 耦合中的增加值比期望值高 2.7 毫比特。

因为“被引”和“引用”操作在这 13 种期刊构成的空间中是相互的, 即使将该矩阵转置, 结果仍将保持不变。然而, 人们也可以假定在被引和引用期刊之间有一个高阶交流网络, 其中操作是经由中介的, 从而原则上是不对称的。此时, 需要对这个交流网络进

行独立操作。

让我们利用矩阵的本征结构作为该交流网络的独立操作。(不对称矩阵的本征结构的确是不对称的。)为了使分析简单些,让我们假定这 13 种期刊可以分为 3 类,即:无机化学期刊类,有机化学期刊类及物理化学与化学物理期刊类。(期刊的分类也示于表 12-1<sup>[1]</sup>。)

在第二项研究设计中,由于我们假定存在着(潜在的)结构,我们就获得一个由 3 个被引聚类(代表着被引结构)和 13 种引用期刊(代表行动)组成的矩阵。在第三阶段,我们还可以将引用期刊也分组,并且分析一下代表着假定存在的被引结构和引用结构之间互作用的  $3 \times 3$  矩阵。

如上所述,基于 1984 年矩阵,我们可以对 1985 年矩阵中的传送做一个预测。就三个被引期刊群与 13 种独立引用期刊组成的不对称矩阵而言,观测到的传送量在 1984 年是 726.75 毫比特,在 1985 年是 732.23 毫比特<sup>[2]</sup>。在 1984 年基础上对 1985 年所做的预测是 731.81 毫比特,即,现在该预测值占到传送量增加值 5.48 毫比特的 92.3%(前例中是 67.1%)。

如果我们随后假设,引用行动不是独立的,而且将期刊也分为与被引结构相同的那 3 个类,则 1984 年的传送量是 669.33 毫比特,1985 年是 672.43 毫比特。此时,在 1984 年基础上的预测值是 673.02 毫比特,超过 1985 年传送增加量观察值的 19.0%。显然,将被引和引用双方进行完全分组的假定,高估了潜在本征结构

---

[1] 归类是基于这个矩阵的默认因子解。若需要更多的细节,可见第 9 章这个矩阵的详细讨论。

[2] 这些绝对数量相当小的传输在各个相关矩阵的总不确定性中占很大的一部分。但是矩阵是不同形式的,因此持有较少的熵。

和利用这些矩阵的可观察关系之间的结构性耦合<sup>[1]</sup>。

总结一下:我详细描述了该模型,作为导出公式的预测力的例子。我想强调说,我的这种描述是粗糙的,因为我没有考虑三组以上的分组,并且我假定一年的差值是一个合适的时间标度。但是利用这个模型,在假设被引方是结构化的,而引用期刊的行为相互独立的情况下,两年之间变化值的 92% 以上可以得到解释。这个模型低估了引用期刊的相互依赖性;相互依赖性也许可以解释剩余的 8%。

## 第 4 节 贝叶斯推理

### 1. 贝叶斯科学哲学

科学哲学的概率论转向主要基于贝叶斯公式在评估信念更新方面的利用:按照贝叶斯理论的哲学家,可以依据那些能够援引自己作为自己的解释的各种假说的概率之变化来评价经验证据,人们又可以援引这些假设来说明证据(例如,Howsen 和 Urbach 1989)<sup>[2]</sup>。在贝叶斯科学哲学中,结构是一个假说集合  $H$ ,而行动是相关证据  $e$ ,因此,这里将支持结构/行动权宜相关性的论据重新提了出来,但是现在不是谈社会结构,而是依据假说来操作的认知结构。相应地,贝叶斯公式可用于以下形式:

$$p(H|e) = \frac{p(e|H) \cdot p(H)}{p(e)} \quad (12.9)$$

[1] 只在引用行动中发生分组这一假设将耦合量高估了 5.9%。但是,在与上面说明的引用行为有关的假设情境中,该模型未得到清楚的解释。

[2] 这些概率到底是可经验测量的还是比较主观的,在贝叶斯论者中是一个相当有争议的问题(参见 Philips 1973b)。该问题对于经验性科学元勘是有意义的(参见 Gieve 1988),但是与本章我的论证无关。

相应地,讯息的信息量为:

$$I(\text{后验}:\text{先验}) = \sum p(H|e) \cdot \log\{p(e|H)/p(e)\} \quad (12.10)$$

给定先验的信念分布,上式的  $I$ ,即假说的后验分布之证据的期望信息值,等于根据证据对后验假说进行的预测同在没有先验信念分布的情况下所作预测二者之间的信息改善值。既然  $p(e)$  实质上是一个归一项,我们可以更简单地说:将先验信念分布变成后验分布之证据的期望信息值,等于以接受先验假说所带来的证据为依据所作的预测的改进值。这个结果说明,在贝叶斯推理中,假说与证据是如何本征地互相塑造对方的:人们可以用两种方式看待信念更新:要么是由于接受一个先验信念结构而使数据的信息含量更高了,要么是由于新数据而使信念结构更具有信息内涵了。

从贝叶斯视点看,后者是正确的进路:“证据”是进一步发展的动力。证据与科学家的信念结构之间的关系,同前面讨论过的行动/结构权宜相关性模型中的行动与结构之间的关系是一样的有关。证据可以聚集起来,它对信念结构的总体影响可以依据一项项证据加以分解。换句话说,(社会学的)结构/行动权宜相关性关系可以看作是普遍问题,则贝叶斯哲学是相对于某种范畴(也就是说,“认知结构”和“认知行动”)在某种假设与理想化(例如,关于测量的理想化)的情况下,对这种关系的一个具体说明。

## 2. 贝叶斯定律在人工智能中的应用

在人工智能领域,人们将贝叶斯公式付诸更实际的应用(例如, Pearl 1988)。贝叶斯统计的应用将新知识的相关环境给局域化了,从而限制了为响应证据而更新知识表象所需的计算量。这种更新曾被看作是研究人工智能的概率论进路的主要缺陷,否则的话概率论进路很有吸引力,因为它允许将(局部的)情境-依赖性

处理为条件概率。如珀尔(Pearl 1988,第 35 页)所解释的:

贝叶斯方法的效力主要来自这样一种事实:在因果推理中,关系  $P(e|H)$  是相当局部化的,也就是,给定  $H$  为真,可以自然而然地估计出概率  $e$ ,而不依赖于知识库中其他许多命题。例如:一旦我们确定一个病人患了给定疾病  $H$ ,可以自然而然地估计出他将出现某一症状  $e$  的概率。医学知识的组织是依赖于这样一种范式:症状是某疾病的一个稳定特征,从而应该在相当程度上独立于其他因素,比如流行病状况、以往病史以及有毛病的诊断设备。为此,条件概率  $P(e|H)$ ,而不是  $P(H|e)$ ,是贝叶斯分析中的原子关系。前者拥有类似于对数生成规则的模式化特征。它们传达了对“若  $H$ ,则  $e$ ”这类规则的置信度,不管知识库中现存有其他什么规则或者事实,这一置信度是坚定的。

我将在下一部分讨论“ $e$  的概率不依赖于知识库中其他许多命题”这一假定,该假定与科学哲学中所谓的奎因-迪昂命题是正相反的,但是我将首先澄清贝叶斯算法中的递归性与信息论之间的关系。

贝叶斯概率可以用递归形式表示(Pearl,第 37 页):如果  $e_n$  表示过去观测的一系列数据,而  $e$  表示一个新事实,为了计算后验概率  $P(H|e_n, e)$ ,不必包含过去这列数据的所有资料,而可以在计算新影响时将旧的信念  $P(H|e_n)$  作为先验概率;它彻底总结了过去的经验,并且为了将它更新,在给定假说与过去观测值的情况下,只要乘以似然函数  $P(e|e_n, H)$  即可,该函数测度的是新数据  $e$  的概率。

利用以上重新表述的信息论,这些问题就变得像集总与分解

问题一样容易处理<sup>[1]</sup>。因此,在经验案例中可对递归性的程度进行数字评估。例如:如果我们假定在部分证据之间有一(临时的)组合( $e_i$ ),则“群组内”不确定性和“群组间”不确定性的量均可具体算出,并且“硬核”群组也可以暂时地这样处理(参见 Lakatos 1970)。一方面,贝叶斯概率推理的性质使限制新证据的效果(也就是说,信念更新的“传播”)成为可能,否则将需要按照新数据重新计算所有的概率。另一方面,就数据的非线性所做的重要假定并没有根据利用了信息论进路的先验假定而被否定(参见 Krippendorff 1986)。

我们应该把计算优势作为支持贝叶斯哲学的论据吗?依我看来,那将隐含着—个范畴错误,支持在人工智能中利用贝叶斯公式的论据是一个实用性的论据,关系到该公式在提供计算捷径时所起到的作用,若无此捷径,在建立专家系统时,遇到的某些问题在技术上是难以逾越的。至于专家系统中的知识是否应该用贝叶斯信念分布来表达,则取决于人们想开发的专家系统的类型。

贝叶斯框架给我们提供了一种精密的推理机器。然而,由于实用的考虑,信息工程师也许希望使用其他推理机器;并且如果人们为其他目的而开发智能型知识系统,例如,用于分类与检索的系统,则人们还是可以借用贝叶斯公式性质来更新,而不必非得在信念表达式上做文章。

### 3. 依据先验状态对后验状态的分解(奎因-迪昂命题)

上面提供的贝叶斯公式的递归表述式的基础是“给定  $H$  为

[1] 贝叶斯更新的渐进性也能够从贝叶斯定理的所谓的对数几率对数似然比( $\log \text{ odds } \log \text{ likelihood}$ )公式看出来,因为每个额外数据都给总和增加了一份独立证据:

$$\Omega_{(\text{后验})} = \Omega_{(\text{先验})} \pi L_i$$

$$\text{Log} \Omega_{(\text{后验})} = \text{Log} \Omega_{(\text{先验})} + \sum \log L_i$$

其中  $\Omega$  代表机会,  $L$  代表证据的可能性。(参见,例如 Pearl 1988, 第 38 页以后)

真,则  $e$  的概率自然而然可以估计出来,而不依赖于知识库中的其他许多命题”这一假定。然而,不承认有可能在独立于知识库中的其他命题的情况下估计  $e$ ,这一立场在科学哲学中称为奎因-迪昂命题:新证据  $e$  未必能更新  $H$ ,但能够联系于知识库中的其他(辅助的;例如,仪器的)命题而获得评价。

多林(Dorling 1979)已经论证过,这个问题可以通过证明  $e$  对假说( $H$ )与其他命题的( $e_n$ )效果是不对称的,而在贝叶斯科学哲学的内部得到解决。本人将论证说,这只是在计算上解决了问题;科学哲学问题可以利用信息论进路来解决,因为这种进路使分析人员得以具体确定,假说(作为知识体系)之间或者相互一致的证据之间的组合情形是怎样的。

让我们再次将行动/结构权宜相关性关系的问题一般化,并且回到早先的注记,用  $A$  表示结构,用  $B$  表示行动。在给定一个事件  $B$  后,结构  $A$  中的总不确定性可以表示如下:

$$H_{(A|B)} = - \sum p_{(A|B)} \cdot \log(p_{(A|B)})$$

利用贝叶斯公式,我们可以评价这个后验结果,将它变成先验组分,如下所示:

$$\begin{aligned} H_{A|B} &= - \sum \frac{p_{(A)} \cdot p_{(B|A)}}{p_{(B)}} \cdot \log \left\{ \frac{p_{(A)} \cdot p_{(B|A)}}{p_{(B)}} \right\} \\ &= - \sum [p_{(A)} \cdot \{p_{(B|A)}/p_{(B)}\}] \cdot [\log\{p_{(A)}\} \\ &\quad + \log\{p_{(B|A)}/p_{(B)}\}] \end{aligned}$$

(本人将在下一章讨论把  $\{p_{(B|A)}/p_{(B)}\}$  解释为先验系统的问题,并且继续进行分解。)

$$\begin{aligned} H_{(A|B)} &= - \sum p_{(A)} \cdot \log\{p_{(A)}\} - \sum \{p_{(B|A)}/p_{(B)}\} \cdot \\ &\quad \log\{p_{(B|A)}/p_{(B)}\} \\ &= - \sum p_{(A)} \cdot \log\{p_{(B|A)}/p_{(B)}\} \\ &\quad - \sum \{p_{(B|A)}/p_{(B)}\} \cdot \log\{p_{(A)}\} \\ &= H_{(A)} + H_{(B|A)/(B)} + \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 & - \sum p_{(A)} \cdot \log \{ p_{(B|A)} / p_{(B)} \} \\
 & - \sum \{ p_{(B|A)} / p_{(B)} \} \cdot \log \{ p_{(A)} \} \\
 = & H_{(A)} + H_{(B|A)/(B)} + \\
 & - \sum p_{(A)} \cdot \log \{ p_{(A|B)} / p_{(A)} \} \\
 & - \sum \{ p_{(B|A)} / p_{(B)} \} \cdot \log [ p_{(A|B)} / \{ p_{(B|A)} / p_{(B)} \} ] \\
 = & H_{(A)} + H_{(B|A)/(B)} + \\
 & + \sum p_{(A)} \cdot \log \{ p_{(A)} / p_{(A|B)} \} \\
 & + \sum \{ p_{(B|A)} / p_{(B)} \} \cdot \log [ \{ p_{(B|A)} / p_{(B)} \} / p_{(A|B)} ]
 \end{aligned}$$

因此,后验系统的总不确定性等价于两个先验系统(A与(B|A)/B)不确定性的总和加上“这些系统已经合并成一个后验结构”这条讯息的信息值总和。两个额外项总和<sup>[1]</sup>等价于也可称为“中间”群组不确定性( $H_0$ )的那个东西,中间群组不确定性是在总不确定性分解为  $H_{(A)}$  与  $H_{(B|A)/(B)}$  时发生的。

请注意“后来”和“集总度更高”之间的类似:两者都包含更多信息。“中间群组”不确定性由两项组成,一项是一个先验子集和后验集的差,另外一项是另一个先验子集和后验集的差。确实,这个结果与多林命题(Dorling 1979)一致:一个更新周期非对称地影响着两个(或更多)先验系统。

上式中,后验期望信息量  $H_{(A|B)}$  被分解为不同部分,依据各自系统的先验状态,它们被赋予了一个意义(在方程式的右侧)。令人啼笑皆非的是,这正是贝叶斯论者的一贯做法,虽然他们利用了不同的修辞论辩方式。参照系的贝叶斯框架不是后验状态,而是先验状态。例如:哲学家询问说,“一项证据现已获得”这一先验假说意味着什么。假说(或者,类比地说,他的信念)自身也许已变

[1] 由于这些是关于变化的讯息之信息量,可以证明它们必须是正值。(Theil 1972,第59页之后)

化,从而不再是同一个假说了,这一点对于哲学家而言无关紧要。贝叶斯论者对由于新证据而使先验阶段成为后验阶段这一进一步的发展并不感兴趣,只对先验假说的证实或者证伪感兴趣。

然而,从社会科学视角看,人们感兴趣的是发生了的经验内容,而不仅仅对依据前一阶段的情况来看这意味着什么感兴趣。对后者的说明只是增加了冗余。当然,这一说明本身可能对自反式理解具有正面作用(Luhmann 1990, 第469页及其后)。但是,在这方面,贝叶斯科学哲学是规范化导向的。经验性科学元勘的视角在发生重大转向,更优先地研究由于信息量的变化而发生了的事件,这一视角变化对人工智能的评估是有影响的。

#### 4. 证据的证明

让我们暂时转向对可以用  $\sum p_{(B|A)}/p_{(B)}$  描述的先验系统的解释。很显然,这是结构释放出的行动系统的不确定性和行动系统的总不确定性之间的比率。因为  $p_{(B)} = \sum_A p_{(B|A)}$ , 如果行动是独立的,我们可以写为这种形式:

$$p_{(B|A)}/p_{(B)} = p_{(B|A)}/\sum_A p_{(B|A)}$$

分母可以被看作是针对行动系统规模的一个归一项<sup>[1]</sup>。

如果行动(事件)不是独立的(例如,一个行动首先触发其他行动,然后才对结构发生影响),则上述等式不成立,并且可能对结构发生规模影响。例如:在科学知识社会学中,人们已经注意到证据是如何发挥作用的(Pinch 1985),因此各种行动之间的关系可能是提供证据的一个先决条件。然后,行动之表现就能开始像另一个自参照系统一样。

一般说来,在对系统的规模归一化之后,一个自参照系统在它

[1] 在贝叶斯哲学中,该项是归一化常数,原因是假说及其否定的逻辑互补性。

的环境中不与事件的不确定性融合,只与它在事件中与之关联的不确定性融合。在这一弱意义上,奎因-迪昂命题还没有被贝叶斯进路驳倒:对证据的理论影响的评估只能在与假说的另一种组织的对比中进行,并且要给定假定的时间范围。如果可以将这些描述具体化,信息论进路就允许我们经验地解决问题,因为这两个模型可以作为拟合质量的窗口进行相互比较。

## 第5节 科学与科学元勘中的专家系统

我们知道,专家系统在某些环境(诊断,等等)中运行相当好,尤其当赖以为基础的知识库的编码化程度很高时。兰利等(Langly 等 1987)开发了一些专家系统(BACON I, BACON II, 等),它们利用一些基本假定,面对所提供的波义耳的实验报告等等,就能推断出波义耳定律。这个以发现心理学(直观推断)的简单假设为基础的专家系统所获得的惊人成功提示我们:建立更有见解的模型的任务应该也不算太复杂。然而,应该牢记(知识)工程的目的是实用性的,例如,按照某些使用标准建立一个足够可靠的用户界面;而建模的目的主要是理论性的,也就是说,目标是对数据结构有更完备的理解。知识工程师往往实用地假设决策准则间存在什么样的关系,而避开模型的证明(例如,Langley 等 1987; Bakker 1987; De Vries 1989; Giere 1992)<sup>[1]</sup>。

基于有关人类推理的心理学规则或者基于有关决策的数学假设的智能知识系统(IKBS)一定要用到关于科学家在做研究或者做决定时(应该)如何推理的模型。这种模型告诉我们有关科学的

---

[1] 在科学家个人层次上已经从历史和心理学视角出发进行了大量的研究工作(例如,Gooding 1990; Gorman 1992; Thagard 1992)。但是,向作为一种相互作用的交流网络的组织化科学推广之任务尚未完成(参见 Tweney 1992)。

主观侧面,而不是有关它的知识容量。因此,与知识表象的挑战有关的科学元勘的关键问题可以描述如下:科学元勘可以为我们提供对于有关科学知识的推理规则的具象化(额外)有用的理论洞察力吗?换句话说:与其他组织化的知识形态相比较,是否存在关于科学的专门知识?这种知识对于在一个科学环境中建设人工智能的任务是有意义的。

因此,科学元勘的贡献应该不是在形式方面,而是在实质方面。如果在一个科学环境中,数据内禀地与理论相关,那么这个关系应该是建造人工智能时最难的问题之一,即所谓的“框架问题”,有深刻的影响。

## 1. 框架问题

在经验科学中,理论决不纯粹是形式的,它们植根于意义之中。因此,数据不是独立的,而是承载着理论,并且随着时间的流逝,数据一方面在独立地变化,另一方面与推理规则的关系也在变化。在其他(例如,人工)智能系统中,人们可以分离出两个维度,并且在相关的一段时间中保持二维中的一维不变,在科学中这二维是相关的:数据随其解释而变化。如前所述,这正是弱意义上的奎因-迪昂命题。在人工智能中,该问题又称为框架问题(参见,例如,Chabris 1989,第 61-66 页)。

在每一瞬间,通过适当的知识工程,并且(或者)以科学文本的重构为基础,我们都可以用我们最好的知识来充实知识库,正如我在第 8 章最后一节指出的,给定数据及决策准则,如果能确定推理规则,当碰到新数据时,数据库也许就会开始学习。但是相对于后来的事件,该专家系统必然是先验的;它只能联系于它已经包含的内容来评估随后发生的事件的意义,即使从长远来看,它也许能为系统提供处理新模式的算法。

例如:为了预测系统的未来行为,可以命令该系统忽视对路径

依赖型转变发生之前的状态进行描述的那些数据(参见第10章)。在实践中,这可能延长系统的生命周期,但是它并没有解决在经验现实中系统如何操作的基本问题。我们不能命令系统在何时给一个完全不同的表象让路:对于自己在允许突现的空间中的操作之质量,系统没有外部参考点。

每一个知识表象必然有一个依附于它的时间指数;知识表象被策划与构架之时,就打上了时间的烙印。从这个视角来看,一个智能知识系统在本质上与一本教科书并无不同,虽然也许它有额外的交互能力以及一定的学习能力。正如在文献检索中的情形一样,内部的创造性组合可以导致新应用。与图书馆相似,智能知识系统对于科研能起到服务性的作用。也可以这么说,在智能知识系统中,原先是系统(例如,图书馆)的结构条件的东西也许会开始表现得像一个交互系统(参见,Swanson 1990)。然而,这个逻辑可能性是否事实上如此?关系到哪些文本?从科学元勘视角来看则仍是个经验性的问题。

总之,我们已经知道,贝叶斯科学哲学和人工智能都强调利用先验情况作参考去学习,都专注于该情况所包含的逻辑可能性。这两个传统的不同主要是在规范方面。然而,后验视角的选择使人们有可能对于智能知识系统在科学系统中的功能和影响提出一些评估性的及经验性的问题,并且将智能知识系统的进展与其他维度的进展系统地关联起来。

## 2. 发生与有效性

评估后验事件的相关性(也就是,“发生了什么,为什么”这个经验问题)使我们接触了另一个重要问题,它很容易导致规范视角与经验视角的混淆。这就是依据发生和有效性对后验状态进行分析的问题。在系统论中,有时发现这样一个概念,即新状态在某种意义上包含在旧状态中间,因此,为了研究先验系统为何塑造着后

验状态,很重要的是将先验系统的发展作为一个过程加以跟踪。例如:卢曼(Luhmann 1984,第148页)讨论了自催化作用,它也许是包含在人际关系的双重权宜性之中的,并且“产生”了交流系统。同样地,建构论者提倡:为了描述突现系统,就要“跟踪行动者”(例如,Latour 1987a)。

然而,应该明确区分信息与冗余。如上所说,依据先验状态对后验状态的评价导致了不确定性过剩,它无法简化为先验状态,这就是前面说过的“中间群组”的不确定性。换句话说,新状态由此产生的过程也许只是通向该(后验)状态的许多可能通道之一。后验的其他分解总是可能的。注意,卢曼(Luhmann 1984)讨论过的双重权宜性中的交流功能是交流存在的一个结果,并且是一个后验结果。因此,用行动者的行动(Leydesdorff 1993b)不能充分解释交流功能。

突现的权宜性通道其本身不是对后验系统之描述的有效性的指标。对通道的理论说明产生了冗余;这可能有利于理解,但是它减少了信息。动态问题与多层次问题之间的具体类比可能是有益的:在较高层次上,每一事件或者事件的子群只对总体不确定性的一部分做出了贡献。另外,还可能有“中间群组”差异。类比地说,后验情形可能是各种先验情形和与它们相伴的过程之结果<sup>[1]</sup>。一旦给定一个后验情形,其发生的通道就成为一个权宜性事件,并且因此只说明了在网络中居支配地位的不确定性的一部分。如上所述,其他分解仍然可能。进化上非常复杂的系统是权宜性地构建的,但是它能够利用其他合成规则(Simon 1969)进行重构。系统的一个特殊表象,例如利用一个叙事或者一个闲谈(Hinton 等

---

[1] 这一类比是热力学第二定律的一个结果:系统的后一状态包含前一状态的熵加上演变过程产生的熵。类似地,集合体包含原先子群的熵加上“中间群组”熵。如果系统还可以另外增加其冗余量(例如,通过自组织),则相对信息可能会减小(见第13章)。

1989),能够用来启发关于复杂动态系统的构建模块之假说的具体描述。

换句话说,一个进展的结果并没有事先将进展结构化,而只能事后进行:在经验模型中,根本没有最终原因。我们需要事件来更新我们期望值。注意,经验性科学元勘的后验阶段的优先性使得其科学哲学是进步性的,但这个“进步性”只是就经验意义而言的。科学与其进步之间的权宜相关性并不意味着“什么都可以”,只是意味着,已发生过的便是可以的(Luhmann 1990,第 177 页)。科学是历时发展的,就像社会(科学是属于它的一个组成部分)或者所有其他自形成系统一样。

类似地,合理性问题也能够重新表述为一个经验问题:已发生的事物的存在理由是什么?在这个研究纲领中,即使是普遍性问题也变成一个经验问题:科学中的任何事物都是借助于一个普遍存在物来定义的,而围绕借助于普遍存在物来定义的事物的所有问题也还是经验的。

(段黎萍 译)

## 第 13 章

# 建立科学交流的数理社会学的可能性

在最近十年中,科学知识社会学日益集中于研究话语(例如, Mulkay 等 1983)、交流系统或者所谓的行动者网络(Callon 等 1986)。这些理论告诉了我们关于科学交流系统的特殊性(参见 Hacking 1992)。例如,如果科学研究“小组”被看作是局域网络,它联系于被看作是更带总体性的网络的科学“领域”(Pinch 1985; Callon 等 1986),则这样的表达方式暗示了交流的重要机制。在科学元勘中,专注于话语与交流能为定性与定量分析的整合提供新的视角吗?

在第一部分,我论证说这些理论分析未曾清晰地告诉我们,如何将交流操作的复杂性、自反性和流动性联系起来。在第二部分,交流被解释为一个复杂过程,不能毫无问题地拿来作为理解的基础。例如,交流系统不能直接地被观察;人们仅仅能观察到交流的瞬时操作。此外,科学计量学的操作化已经集中在信息的交流上,而“行动者网络”、“结构”等概念被用于后现代社会学和符号学却主要用于研究意义的产生、交流和译解(例如, Eco 1976; Courtial 1989)。

大家所关心的共同问题是,自反的交流系统是怎样交流信息和意义两者。交流的数理理论被精心制作成关于交流系统之发展的理论,使我们能够区别作为诸自由度的交流的诸自反层。分析专家能够把观察到的不确定性归因到在事件中互相作用的假想系



统中去。这一视角对于科学知识社会学纲领的含义将被详细说明。

## 第1节 不确定性、信息和社会学意义

汉语区分 information 的两个概念是通过采用两个不同的词(武夷山,个人通信)。这两个词都包含两个汉字,如图 13-1 所示。上面的一个,“信息”,对应于 information 的数学定义,表示不确定性<sup>[1]</sup>。下面一个,“情报”,意味着信息,也指智慧<sup>[2]</sup>。换句话说,它意味着告诉了我们一些东西的 information,从而被认为是有意

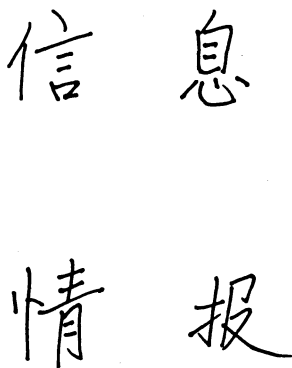


图 13-1 表示 information 的两个中国词:“信息”和“情报”

将信息从数学上定义为不确定性是反直觉的(Bailey 1990)。香农(Shannon 1949)为了使自己从“不确定性”的隐含意义中解脱出来,说道“交流的这些语义侧面对对于工程学问题是不相干的”。

[1] “信”意为文字的可靠性,“息”意为消息。

[2] “情”意为情况或者状态,“报”意为报告。

然而,他的合作者韦弗(Weaver 1949,第 116 页之后)对于这一联系发表了意见:

最初,这一理论所发展的信息概念似乎是令人失望的和古怪的,使人失望是因为它与意义毫无关系,古怪是因为它不处理单个讯息,而是处理整个一批讯息的统计学特性,古怪还因为用这些统计学的术语来说,信息和不确定性这两个词应是伙伴关系。

然而,我认为这些仅仅是暂时的反应;最后,人们会说这个分析如此敏锐地消除了误会,以至于现在(也许是有史以来第一次)人们可以着手创建关于意义的实实在在的理论了。

当香农处理通过固定通信信道(例如:电话线路)的信号传输问题时,意义指可以使用信息的一个观察系统。一个观察系统有时可被信息所“作用”——也就是说,这个系统能够降低它的不确定性。那么,使一个观察系统的混乱度增加的信息可以认为是噪声。无论如何,期望信息量将会因接收讯息而改变。当关注点不再是一个固定的通信信道,而是一个演化的交流系统时,人们应该区别以下两者:接收系统的期望信息量和这个系统在后来的更新状态所观察到的信息。对于一个观察系统,每次交流都会造成与其早先状态的差异(图 13-2)。这个自反的信息也被视作“意义”或“有意义的信息”而被鉴别出来(例如,MacKay 1969;Bailey 1990)。

观察系统能有意义地参照它早先的状态来给流入信息定位。在第 12 章已表明,对于一个先验系统,相互作用的概率熵有时可能增加系统冗余,因此为一个负值。然而,对于一个后验系统,人们发现其不确定性总是在增加。注意,第 12 章中的推导证明,第二熵定律可以从信息论角度做出解释(参见 Georgescu-Roegen 1971;Smolensky 1986;Swenson 1989)。

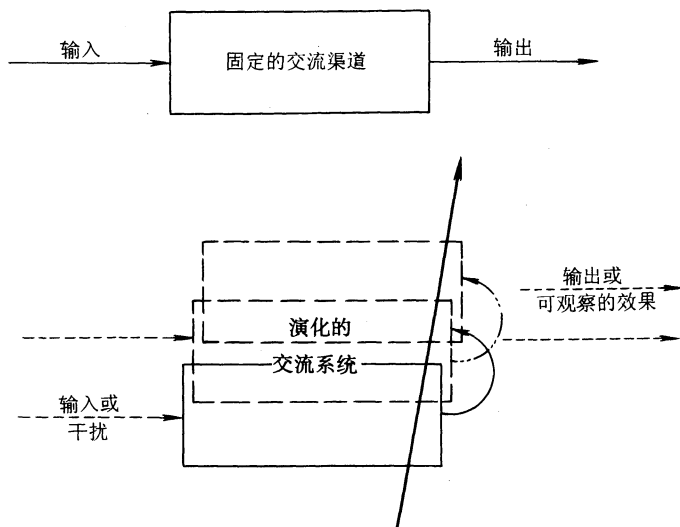


图 13-2 一个交流渠道和一个演化的交流系统

一些作者已将观察系统中不确定性的可能减少定义为信息或者“负熵”(Brillouin 1962; Bailey 1990)。这个定义已产生语义的混乱,因为对不确定性的负贡献也可被认为是冗余(参见 Georgescu-Roegen 1971,第 401 页及其后)。关键问题是区分不同视点:从这个视角看被认为是不确定性的增加的东西,从另外一个视角看可能被认为是减少(Hayles 1990)。然而,观察系统中不确定性的可能减少是系统通过采用以前建立的组合规则来组织流入信息这一习惯倾向的结果。组合给观察系统提供了第二自由度,它限定和决定着第一维度的不确定性(见第 7 章和第 9 章;图 7-1)。因此,包含在一个讯息里的信息和自反性地组合成的有意义的信息,可以被认为是不确定性的两个维度。

换句话说,自反性不应该依据(可能是层级结构的)层数,而是依据所研究系统的正交诸维。事件产生能被提供某种意义的不确

定性。人们估计,反身维度和信息在事件中会互相作用。注意,我们现在是如何将第1章的多维框架加以推广,以便理解与意义有关的信息可能意味着什么:讯息可以承载信息,因为讯息能够利用第二维来保持信息。例如,相同的词可以有不同的意义,相同的意义可以由不同的词来传达。一个人能够理解一个讯息的意義而不掌握信息,反之亦然。信息和意义必须是相互嵌套的,于是时间维度必须加进来,从而获得一个不仅能传播而且能转译的系统,也就是说,系统能够反身地改变信息的意义。

卢曼(Luhmann 1984)的重要贡献在于指出在行动者之间的网络被认为是一个交流系统,它被添加到行动者身上,行动者则在节点上承载这个系统。他还指出,这个网络给交流提供了意义(“Sinn”)。但是,因为网络实质上不是一个行动者,这一社会学意义应该与心理学意义区分开。卢曼(Luhmann 1984)希望不要详细说明这个附加的意义。如上所述,只有在不确定性包含有两个自由度的情况下,才能给不确定性赋予意义。人类交流的演化成就在于,有可能在一次交流里保持不确定性的两个维度,尤其是信息及其意义。如上所述,接收和发送信息的行动者能够给讯息提供附加的(心理学的)意义。

人类交流过程中信息和意义之间的差异已经编码在语言中了。回想一下,当在第5章和第6章我们研究词及其共现词时,我们遇到过语言交流的潜在二元性这个问题。第5章已经表明,词的网络会大大改变词及其共现词,而且是以在文本中的意义为依据的。这个问题激发我们为科学元勘的合用方法列出了一些准则(第6章)。我们选择了信息,但在选择时,除了实用的考虑,未能为自己的选择做出辩护:信息论似乎符合列出的全部标准。

信息论能够帮助我们区别信息及其意义,这怎么是可能的呢?我将论证说,自反性能够依据概率性操作的递归性来被操作(例如,人们能够追问,概率的概率是什么)。因为概率熵既是递归的

又是内容无涉的,这个操作使我们能够(从认识论上)将“自反性”客观化,而又不(从本体论上)使它具象化。这一表达方式为实质性的详细说明留出了空间。后者在不同层次上存在潜在的差异,因此这个重新表达允许我们彻底地解决所谓的自反性问题,也就是,一个人不能对关系到自发行动的一个特殊的反思要求优先权。寻求反思的质量成了可能。

如上所述:自反性问题对于科学元勘(和广义的社会学)是有意义的。例如,人们可能想提出这样的问题:是否能够期望科学元勘(以及哪一种科学元勘)加强实践科学家的洞察力。在本章的以后几节,我将表明,将自反性重新表述为交流的一种性质,解决了科学元勘中的许多理论问题,但是让我首先转向这么一个问题:在交流的数理理论中,自反性如何能够被操作化。

## 第2节 交流的递归性

海勒斯(Hayles 1990)注意到香农(Shannon 1948)将期望信息和不确定性等同起来及在信息和熵公式中选择一个数学恒等式的决定是极端俭省的。由此产生的交流之概念是非常抽象的:它将交流规定为一种操作,它产生概率熵,或者换言之,传达信息。因为交流、概率熵和信息在这里都被定义为内容无涉的,这些概念就优先于它们的操作。概率熵可以被认为是静态分析中的“自由度”或者“维数”等概念的动态等价物。它的实质性定义,即参考物的详细说明,动态地超越了自反性表述的窗口。

一个概念按照定义就是认知性的和重构的。然而,“概率熵”抓住了一个操作。因为量度本身就是一个操作,所以这个概念是进一步递归的,也就是说,它能够被用于它本身的测度结果。结果,交流的数理理论使我们既能够研究交流系统也能研究系统间的交流,也就是说,要系统地区别不同层次的交流,并自反性地将

这些观察结果联系起来。然而,通过固定的通信信道来研究信号传输的工程师不需要考虑这样一种可能,即由于交流系统的操作,讯息的期望信息量已经改变了。对于他们,交流渠道的操作仅仅被认为是潜在的噪声源。但是对于变化系统的研究,人们必须将香农的观点推广到概率熵,概率熵是在交流渠道自身受操作影响的情况下产生的。

自身正处于变化中的交流系统不处于平衡态;交流系统通过和它们的环境交换信息来演化。然而,进化论在传统上曾假定,只有“自然的”环境才起选择作用。从这个视角来看,自然环境对于演化中的系统(它自身又表现出变异)始终是外部给定的。然而,如果信息在一个系统和它的环境之间被交换,那么这个环境就不能再被认为是给定的(“自然”),而必须被认为是包含信息的另一个交流系统(也就是说,表现出变异的),结果,系统/环境关系变成了交流系统之间的关系。交流系统通过交流来相互传递信息。

一般而言,交流系统只能够和其他的交流系统交流信息。交流系统是通过“交互信息”或共变来交流信息的(第 7 章)。当交流系统中的共变模式能历时保持不变,系统就可能开始共同进化,也就是说,发生相互影响(第 12 章)。因此,共同演化,而不是演化,是理解动态发展的一般概念。最重要的是,共同演化的概念能使我们理解,新的信息如何能够从系统的环境进入系统中。

在传统的进化论中,人们外加了一个“自然”选择概念,认为是它导致了特殊变体的生存。在共同演化理论中,特定共同演化的稳定化又在以前的变异和选择这对机制之上加上了第三机制。在这三个机制中(变异、选择和稳定化),至少两个的控制机制是能够被定义的。选择有可能发生在不连续的瞬间,稳定则首先要求在时间维度上对变异和选择进行评估。因此,稳定化是一个二阶选择:哪些选择被稳定化所选中了呢?

两种选择的互相操作,有可能会使系统封闭。暂时地,两个选

择作为作用和反作用,有时能够彼此平衡,因此,这个系统可能会呈现出稳定化阶段。例如,词在特定的上下文和在一定时期可能有稳定的意义。在下一一次的选择时,自组织系统(例如,Prigogine 和 Stengers 1979;Maturana 和 Varela 1980)又能够在自反性的意义中进行选择。简而言之,可以这样定义自组织系统,它能够进行相互交流(第一自由度),能够定位信息(因为在概率分布这个第二维度上的分化),能够反思信息(用时间作为第三维),还能够借助第四自由度对这三维的安排进行反思。

尽管在复杂系统的形成过程中(“宏观”)选择从进化角度说是建基于(“微观”)变异之上的,但是只要系统一到位,动态特性就发生了变化了:在一个复杂的动态系统里,每个自由度都可能选择其他自由度,因此,“变异”和“选择”必须被认为是这种系统的亚动力学特征。某一时刻辨明为选择事例的类别,可能在下一个瞬间不得不被重新辨明是产生着变异的东西。

### 第 3 节 交流系统的经验描述

如何在经验性研究中描述复杂的和动态的交流系统?在某一个时刻进行描述是不合适的,因为交流系统是历时而变化的。如上所述:观测数据显示出系统之间有相互作用,因此,人们也许估计说,这些系统在相互作用之后已经改变了。交流系统如何能够历时维持其结构而无视观察到的现象方面的变异呢?

一个交流系统通过两个过程来运作:对组成了较低层次的单元之间的关系进行解构,解构后再将其重构为一个新的(即,更新了的)结构。通过网络里的关联,通过集总过程和分解过程,且随着时间的过去,“行动作用者”(给定交流的本质,能够与它者发生关联的任何东西)发展出一个具有体系结构的网络。如果将此体系结构写成一个矩阵,就可依据所谓本征结构对之进行分析。若

重复这些过程,人们也许指望这些结构含有本征时间,也就是对或多或少可能发生的进一步发展状况的选择权。

在一个矩阵表示法中,关联动因习惯上表示为行向量,交流作为列向量。可观察到的不确定性(例如,矩阵元数值的变化)之交流对于所涉及的全部系统有一个更新值:它不仅告诉我们对交流的外部参照,而且告诉我们交流系统的历时行为。另外,可以改变对多变量数据集的描述和时间系列的长度这样一种选择,给分析人员提供了另一个自由度。依据本征结构和本征时间进行重构的二元性,使得分析人员能区分出这样一种数据集,其行为越来越像是分布式的实体,也就是说,它们趋向于历时保持其(复杂)结构。

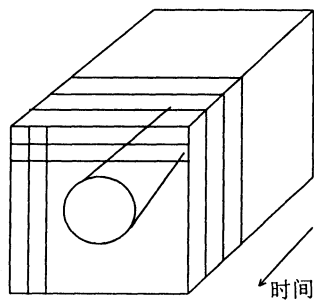


图 13-3 在三维空间里一个(潜在复杂的)系统的一个可观察到的轨迹

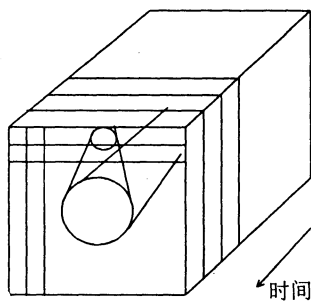


图 13-4 利用第四自由度在过去的各种表述中进行选择



结构、稳定性、可辨别的轨迹和(分布式)状态仍然都还是假说,因为它们必须在重构的基础上被推断出来。换句话说:分析人员可以依据系统的本征结构来重构系统的状态。这个本征结构可以被表述出来,且一个特定模式的保持可以归于被研究系统的自参照性。可以对数据的时间序列进行估计,看看一个系统是否能够被期望发展出本征时间(例如:一个生命周期)。利用本征结构和本征时间之间的自由度,人们能够提出这样的假说:系统可以依据自身的操作不断地组织自己。自组织系统可以被认为是一种构造物,它能够利用这个附加的自由度来历时维持(尽管有其他多种选择)它的交流特性<sup>[1]</sup>。

根据自组织的假说,得出的熵的期望值可以与有待观察到的数据进行对照:如果一个复杂数据结构作为一个系统来运行,与系统的元素都独立变化的情形是不一样的,估计它会表现出一些变异或共变,自组织系统能从暂时的结构损伤中恢复过来。

例如,对集总的期刊-期刊引证数据进行研究(例如, Carpenter 和 Narin 1972; Doreian 和 Farraro 1985; Leydesdorff 1986; Tijssen 等 1987; Tijssen 1992; 见第 9 章)常常可以发现清晰的因子结构,这些结构不是对在自然历史里给定“数据”采用这个或那个聚类算法的偶然产物;还不如说它们是在有关各种专业结构中进行操作的产物。这些期刊里没有任何东西可使它们聚在一起,只不过它们将专业和学科视为高阶的交流系统。交流的这些周期,依据交流的动因(即,期刊中的引用文本)是观察不到的,但是用分析手段可以将它们区分出来,作为阐明数据中可观察到的结构和连续性的虚拟的超级交流周期。只有对这些高阶交流系统形成了假说,才可能有时通过较低层次数据的适当集总使这些交流系统成为可见的(参见 Leydesdorff 和 Cozzens 1993)。

---

[1] 由于香农公式,概率分布的自由度相当于不确定性的维数。

没有这样一个假说,较低层次上的复杂性可能就要居支配地位。尽管期刊会发生变化,但是聚类显示出在时间维度上保持稳定的倾向。通过借助高阶系统来解释较低层次上的交流,关于高阶系统的假说也可通过观察构成系统的那些单元而获得更新(见第12章)。自组织的系统和子系统仍旧是可分析的,分析的可能性包含在观测单元内部和观测单元之间的经验分布之中。因此,不应依据据说是在较低层次上支配着历史的那些神祇和半人半神来在元层次上对超级系统进行具象化处理。它们仍具有经验的不确定性。然而,本征时间的本征频度和本征结构的本征向量不能归之于任何构成的要素;它们是代表着网络的矩阵和网络的历时发展所具有的潜在性质。

这一情形和名义(例如,历史的)数据相类似,尽管量度尺度被进一步地放宽:依据(有时是含蓄的)假定,分析人员可以只讲一个故事(重构)。例如是这样一个假说:为了发展,被研究的这门科学必须对任何发生了的有意义事件进行重组,重组的依据可以是这门科学的结构、它的历史发展和它的认同。然而分析人员在讲故事时必须用一个隐喻:所研究的系统只是一个构造物,并且从自反性的角度说,分析人员永远不应该将重构具象化。如果描述足够准确,就可以对各个备选假说进行检验,其方式是将在假设系统的运行过程中观察到的变异和期望的变异进行比较。

## 第4节 交流系统状况的假设

将交流系统定义为概率性的构造物,这一定义突出了为什么仅仅研究可观察到的“相互作用”是不够的,例如,在社会发展和认

知发展之间的相互作用(例如,依据“社会-认知”作用)<sup>〔1〕</sup>。可观察到的相互作用显示了在运行事件期间假设系统之间的交互信息或者共变<sup>〔2〕</sup>。另外,参与系统中的其他变异必须得到说明。共变和其他变异之和(也就是,变异总体)包含了关于系统状态的信息,因此对于系统进一步发展的期望是有意义的。换句话说,潜在的维度给我们提供了参照系,可帮助回答流入信息(关系信息)从定位角度说意味着什么。因此,可观察到的相互作用仅仅告诉了我们关于所研究的系统的部分情况。

并不是所有的交流系统能够保有概率熵,只有个别的交流系统能够利用其历史帮助其进一步的发展。如上所述:卢曼(Luhmann 1984)假定,社会系统是(其他事情且存而不论)自反性地处理其历史的交流系统。因为社会网络的操作不同于个别行动者的操作,对于社会系统,像信息、意义和自反性等概念都必须赋予不同的具体内容。

历史学家和社会学家有时发现,要弄出一个对系统而不是对行动者有意义的关于交流的语义学概念是很困难的。然而,人们必须反转推理中的因果关系:交流能够对行动者有意义,因为行动者是能够保持且在内部处理信息的自参照系统。除行动者之外,网络可被认为是对于相互作用的一个相关情境:对于一个行动者是行动的东西,对于一个社会网络就是交流。这些操作是相互正交的,就像矩阵表示法中的行(代表行动者)和列(代表交流)一样。借助矩阵的两维,在行和列之间的共变都可被赋予意义。随着时间的过去,网络的自参照回路和网络涉及的每个行动者的自参照回路都可产生相互作用。系统通过这些相互作用的窗口相互交流

---

〔1〕 在这一解释中,“范式”被当作一个强调了科学活动的社会-认知组合性的术语(Pinch 1982,第17页)。

〔2〕 尽管定义不同,变异和分布的期望信息量都可以被认为是不确定性的度量。类似地,共变的概念等同于交互信息(见第7章;Theil 1972)。

信息。

因此,我们的命题不是说网络之行为就好像它是另一个行动者,而是说,两个系统的动态特性,包括意义是如何产生的这个问题,可以在一个形式的框架中进行分析。注意,行动者具有同网络一样的假设状况:人们观察到的事件,它可以作为一个行动归于行动者,也可以作为交流归于网络(Maturana 1978)。(相互正交的)系统相互构成了对彼此有意义的环境;由于它们在事件中共变,它们也告诉对方自己的行为。它们是否(如果是的话,又如何)能够告诉自己关于它们和环境的关系,也就是说,它们是否(和如何)能够利用通过相互作用的窗口观察到的信息来进一步发展其期望,则取决于系统的实质内容。

不把网络规定为一个参考系,分析人员就面临把意义赋予错误的系统,从而犯范畴错误的危险。例如,如果一个科学家进行交流,这个交流具有的意义比信息发送者想表达的意义要多,也比消息在交流的每个接收端接受到的讯息被赋予的各种意义要多。另外,讯息发生在交流网络中。这个情势意义在交流系统的内部能够被自反性地处理(“转译”),如果这个网络以前获得过一个特定身份的话(例如,一个专业结构)。

但是,如果社会学家(或者历史学家)专门研究科学家及其可观察到的行动,那么无论在交流的发送端和接收端,借助网络而产生的额外意义就不再能被辨识。如果人们以后发觉了必须归因于情势的一个额外的(社会学上的)意义,亦即,不能归因于涉及的任何行动者,而只能归因于他们的交流,那么这个分析人员就没有辨明这个意义的其他参考系,而只有自己的自反性身份(例如,Woolgar 1988)。但是,人们未曾用经验手段在世界上(也就是,作为一个交流系统的网络)区分出来的事物无法通过分析人员的内部资源获得充分补偿。

例如,在皮克林(Pickering 1992)编的有关科学知识社会学的

讨论文集中,主观自反性被强调到如此程度,以至于这些学者不再需要经验数据来更新其期望;他们需要经验数据至多是为了去阐明他们关于科学应该(或不应该)怎样分析的纲领性主张。卢曼(在弱一些的程度,上, Luhmann 1990)还有柯林斯和耶尔列(Collins 和 Yearley 1992)已经发表了对新科学知识社会学的这一批评。然而,这些作者并没有依据经验假设来详细阐述另一种方案——依据差异的期望值和观察值,将被研究的元理论重构和理论构造给分析性地联系起来。

卢曼(Luhmann 1984)识别出了包含人际交流的社会系统,但是没有联系交流的数理理论来建设这一社会学。如果他做了这个工作,他就会注意,交流是内容无涉的:所有处理不确定性的系统都是交流系统。作为交流系统,可以依据它们处理的信息的(假设性)实质内容来识别。一方面,卢曼将社会与交流系统等同起来,而不是与个体意识系统(“行动者”)等同,这一做法强调了两种系统中信息的实质意义(也就是,与个体交流的意义和与有关网络的交流的意义)间的定性差异(参见 Habermas 和 Luhmann 1971)。另一方面,卢曼关于信息就是复杂性的减少的定义(例如, Luhmann 1984, 103 页;见第 3 章第 1 节以上部分)掩盖了形式机制和相对于这些不同参考系的各种操作的实质意义之间的关系。

不确定性的减少是通过将不确定性加以组织化来实现的,也就是说,给不确定性提供一个意义。处理信息(也就是,信息量发生变化)的所有系统都是其他交流系统之中的交流系统,其他交流系统通过交流来创造(也许还处理)其自身的历史。然而,具有记忆功能的系统能够借助自己的结构来处理自己的历史。社会系统的记忆功能分布在行动者中间,而行动者也具有分布在他们大脑里的记忆功能。作为参考系,社会系统和心理系统就有“不可通约的”差异,因为自参照轴是相互正交的,它们在相互作用中彼此干扰。因此,人们期待,系统主要是依据它们传送的内容来被描述

的,在弱一些的程度上的则是依据系统的自反性操作来被描述。

## 第 5 节 方法性和理论性结论

将科学理解为耗散结构,它在不同维度上产生概率熵,这样做的好处是多重的。我将简要地总结一些已经在前几章详细说明的对社会学而言的方法论优势,然后详细说明理论含意。

### 1. 方法论的结论

首先,因为概率熵可以被认为是复杂性的度量(Theil 1972),交流的数理理论就能够使分析人员将科学知识内容上的不确定性与科学知识在社会和文化情境中的变异系统化地联系起来。每个变异都包含着不确定性,它可表达为讯息的期望信息量。既然信息和它的交流都被给以了数学定义,从而它也是内容无涉的,分析人员就得以接触至今仍是各研究领域的势力范围的相互作用和关系之研究。

例如,通过采用信息演算法,人们就能将社会学的变异与科学假说的数据概率分布联系起来,或是与科学文本中词的共现联系起来(例如,Hesse 1974; Howson 和 Urbach 1989)。所有这些不确定性都可视作所研究系统的概率熵的维度(第 7 章;参见 Krippendorff 1986)。

其次,除关系的分析之外,所有的公式都能够发展成动力学的等价物,于是就能系统性地处理时间维度(第 8 章和第 9 章)。例如,科学期刊系统产生了出版物国别发表量(引文量,等等)的年度分布。但是这些分布意味着什么?可以参照不同的系统对观测到的分布进行评估,例如,期刊系统,国家之间的科学分工和/或国际科学系统的发展等等。有关指标是相对于哪个(哪些)系统在发生变化?哪个系统在所研究的时间内(有时是不明言地)被认为是保

持稳定的呢?什么时候变化应被视作显著变化、结构性变化和/或不可逆的变化?采用信息论,在不同时刻被观察到的不确定性就可以理解为历时产生着变异的系统之概率熵的一部分。

再次,因为熵测度值能够被写成加和形式,这个方法论就允许人们对独特性建模:任何发展都可被认为是离散事件的结果。处于权宜性的,也就是历史性的关系之中的交流系统是通过和其他交流系统交流信息来运行的。于是,观察到的数据被认为是交流系统(它们本身仅包含期望信息)之间所交流的信息。事件的历史独特性是情境复杂性的结果(而不是倒过来)。然而,如果历史的发展不能仅仅依据能够观察到的独特性事物来观察(比如表意文字的叙述),社会学家就还必须能详细说明通过这个数据进行交流的系统。这就在一系列可能的选择物之间放进了一个可观察的事件。

第10章以后对分布系统的历时发展的讨论,使我们越来越辨明了二级控制系统的运作之间可能的相互作用和共同进化。被研究的各种分布可以视作对系统的多种可能发展的期望所构成的系统:不可逆性、路径依赖、共同进化和自动放大可被视为特例。第11章的重点是检验作为系统间动力学结果的突现的可能性,在第12章中,详细讨论了分布式知识表述之更新(在网络里)的后果。在这一章的最后,我详细说明了二级范式对于科学知识社会学的理论剩余价值。

## 2. 理论性的结论

众所周知,库恩(Kuhn 1962)《科学革命的结构》对于最近几十年来科学元勘的发展起了重大作用。通过专注于作为科学家之间的社会关系的产物的范式概念,来自社会学的论点能够被有效运用于对作为知识事业的科学之研究。注意力被放在情境上,而不是内容上,而内容一直是科学哲学和科学史的传统领域。

在第1章我已经介绍了多维模型,为的是说明,何以不同的话语可以指涉同样的现象,而初看起来这些话语之间好像是没有共同点的。然而,科学计量学活动表明,将科学付诸测度也是有道理的,即使人们除了出自实用主义的视角,暂时还不能理会科学计量学指标意味着什么。因此科学计量学对我们的以下认识提出了挑战:关于科学有什么是可测度的和为什么是可测度的。

如果人们沿时间维度展开图1-1中的图形,每个平面都将提供给我们关于研究主题的另一个窗口。如果将这些自反的窗口理解为理解的子系统,那么就产生了是否能构想出一个元系统的问题。但是,后现代科学哲学的讯息却告诉我们,在“不可通约的范式”之间进行比较不再是可能的(参见 Kuhn 1962)。我将在下面论证说,这个结论的依据是从演化的语言游戏的角度来理解科学,而没有充分反思叙事隐喻的几何特性(参见 Rorty 1979; Shinn 1987; Haraway 1988)。

(科学计量学的)元理解,要求人们实现从几何隐喻(像轨道)到演算与算法模拟的转变。当跨越表述窗口的范畴和这些范畴的值都允许改变时,不得要领的推理往往陷入云里雾中,而根据通量( $dx/dt$ )的理解恰恰能使我们区分结构改变和变异。然而,首先让我回到社会学的理解。

如上所述:图1-1的多维模型仍然是静态的。各种情境制约着相互作用,在每个瞬间,这些情境在相互作用中又相互制约着(图7-1)。因此,情境是“启动和抑制”着作为集总行动系统之科学发展的结构物(Giddens 1979;图9-10)。图9-11这个构形的动态延伸给分析人员提供了一个双重视角:多变量系统的静态视角——如图13-2中的水平箭头所示;演化系统的动态视角——如垂直箭头所示。为了帮助理解,使用了正交隐喻。因此,这两个视角隐含着表述窗口中的“格式塔转换”。

科学社会学一直专注于情境中的干扰,而自组织范式则把演



化发展作为它的参照系。从后者的视角来看,库恩的范式将科学重新定义为具有生命周期的演化着的交流系统。范式可以被认为是自组织交流系统,它们稳定在超个体层次上:范式描述了在范式之内能交流些什么。描述是依据超个体交流的实质内容进行的,因此,系统向任何以这种方式进行交流者开放。在每个局部运行中,自组织系统都(部分地)被分解和被重组。但是,什么将被认为是有意义的,也就是说,在这些相互作用中交流些什么,不交流什么,均受控于交流系统,而交流动因仅与交流的发展发生关系。

给定一个新的更新态,自组织系统也许就不得不依据它的实质重新定义,它的历史也许就不得不重写。然而,范式本身并不能书写或者改写其历史。虽然社会系统可能有存储容量,但是除了行动者的分布式记忆外,它们并没有现成的供运算用的中央存储器。社会网络是一个虚拟的系统,也就是潜网络的动态等价物,它在所涉及的行动者地址上运行(Luhmann 1984;1990)。因此,相对于被研究系统的每次重构,都不过是一个或多个局部的行动者所做的经验假设(“表象”)。

各种可供选择的重构方式在自反层次上引入了不确定性。当这个不确定性能被交流时,就出现了足够的复杂性(因为既有一个实质层的交流又有映像层的交流,从而多出了一个自由度)导致交流系统(暂时的)关闭。范式可以是封闭的,如果人们能够在交互塑造的过程中在实质和映像之间交替变换且能够亡羊补牢式地改善权衡抉择,“变异”和“选择”就可以视作推论式推理的共同演化系统的亚动力学状态。

从这一视点来看,范式转换可以被认为是交流系统的根本改组;以前只能被理解为异常的事物自此以后可以被集成起来。换句话说,交流的性质,即,期望在交流系统内部能被交流的事物,发生了变化。库恩(Kuhn 1962)使用过范式之间“不可通约性”的概念:自组织系统相互区别的依据之一,就是对什么被认为是交流的

看法。这一情形不仅是同时性的而且是历时性的:自组织系统也许经历了路径依赖型转变。此后,它们被期望在交流的性质方面已发生了变化。既然变化必定局部地产生,那么分化系统(例如,科学中的专业)的子系统就可能经历路径依赖型转变,而在其他维度里却保持显著的连续性。这就开辟了各种话语相互讨论的可能性。例如,参与者和元理论的分析者都可以在系统重构的基础上一起来就系统进行交流;这些重构可能部分地重叠。

换句话说:在每轮运行中,自组织系统(“范式”)都面临着过剩的信息(“变异”),它有待在界面上被加工处理。如果没有这样的“变异”,也就不可能有“选择”,更谈不上重构了的系统的“稳定化”。稳定化要求根据重构中系统的历史进行选择。为了维持同一性,静态的和动态的选择——这两个选择在形式上是等价的——必须能互相操作。人们期望,科学范式应该包含两个选择机制:例如,可以由一个特设假说来抵抗新证据,该特设假说与学科不确定性的历史的组织本无联系,或者在另一个极端上,新证据可以被“反事实地”视为异常(“噪声”)而弃之不顾,其方式是诉诸已存在的理论体系的稳定“硬核”(参见 Lakatos 1970)。只有在两个选择之间进行审慎的权衡取舍后,范例才能被强化为理论系统。而权衡取舍的审慎决定过程就暗示着有相对于系统当前状态的一个(第三种)选择。

请记住,交流系统的全部行动必须是在局部采取的;所有重构都包含不确定性,这种不确定性可以在社会上被交流。不存在离开了不确定性的系统,不确定性就是相对于分布的期望值。既然系统是随交流内容不同而不同,对于自反性重构的一个基本要求,就是依据系统交流的实质性内容建立一个关于所研究的系统的理论。元理论层次的分析人员自反性地意识到了该题材的重构性,而一个参与者可能希望为了制造论据或者采取行动而进行重构。然而,无论是分析人员还是参与者两者都无法从内容抽象出什么

来,而元理论的分析人员必须自反性地建立这个假说。

对元层次系统的详细说明使得自反性分析人员得以将可观察的关系定位为相对于关联单元的行动,定位为在假设的网络(例如,所研究的专业)中的交流。既然参考系的性质只能是经验性的假说,那么,被研究的网络就只能是不确定的,例如,从网络边界来看是不确定的。但是若没有一个(有时是隐含性的)假说,有关的网络就不能被详细说明,因而也不可以有经验性的描述。类似地,是否发生了范式转换的问题只能借助于交流网络经验地给以评估,不管从可观察量的角度来看,不确定性有多大。

当研究社会网络的历史的时候,人们决不应该把被构建的网络的不确定性等同于观察到的构造单元的不确定性之和。首先,估计会遇到相互作用项,那只能归到网络上去。第二,不仅分析人员在重构被研究的网络,而且被研究的(一些)行动者也能够这样做。自反性的行动者包含的不确定性估计比他们在网络中的表象(行动作用者)的不确定性更多。行动者在网络里的表象仅等同于行动者和网络之间窗口里的交互信息(见第12章)。网络对于行动者产生的变异而言是选择性的,因为它只能在其特殊的媒介里传送信息。在交流的第一(尚未分化)维度上流入的信息,是由用网络的延伸作为第二维的传送系统来定位的。讯息所含的信息必须由接受讯息的行动者所重构,然后它们必须实施第二次选择。如果这些重构再次交流出去,网络的概率熵上就增加了一个自反性的维度。于是,在每个瞬间,网络都潜在地包含了概率熵的三个维度:信息的实质,它的(位置性)情境,和它的(自反性的)意义。从原则上说,这样一个系统足够复杂,可以在每个瞬间把输入重新定向或转换成输出。给这个“交流单元”加上动态视角便创造了一个在四维超空间里交流的熵系统:它不仅反映,而且反映的质量也可以因事后的认识而改变。

自反性的交流系统把输入转换成输出;一个更高阶的自组织

系统还能够利用事后认识、借助于自己的身份或制度,在多种自反性意义间进行选择。一个制度可以被认为是一个分布系统的“身份”〔1〕。注意,一个系统的制度可以相对于该系统的历史或者复杂性在三维空间的稳定化表象而被全局化。如果分布系统在运行上是封闭的,则输入不再作为一个指令起作用,而输出即成为由系统的运作所产生的概率熵(参见图13-2;参见 Maturana 1978)。

总之,通过能表现出演化生命周期的自反性交流系统来详细说明科学,科学交流社会学已经为我们提供了一个心智模型,以助于将社会学重新建成一门关于社会交流系统的科学。因为社会系统是一没有中央存储器的分布系统,所以人们仅能通过在一个本地节点的重构来获得进入社会系统的通路。参与者和分析人员可以就其重构进行交流,但只能是在自反性交流的潜在不同的层面上。交流的自反性给网络提供了足够的复杂性,使得多种亚动力学过程在交流网络中的运行成为可能。如果一个自组织范式或者一种技术的制度(Dosi 1982)突现出来,则产生性的体制结构和局部化的行动者对系统的控制是可能出现松动的,因为自组织是基于变化中的网络属性的。

必需的范式转换就要求读者将以下两种认识结合起来:卢曼(Luhmann 1984)将社会理解为一个自生成的交流系统,香农(Shannon 1948)则决定将概率熵作为最基本的概念。香农定义的简约性使我们能够综合以下几个观念:概率熵的系统论概念,统计差异的社会学概念,理论意义重要的科学期望概念。概念的递归性使得人们有可能随着反思层反复地扩展系统。另外,卢曼将行动者的集总与社会区分开,这使我们能够将社会的现象研究客观化。

记住,这个客观化意味着对不确定性的详述,而不是具象化。

---

〔1〕因而,同一性可以被操作为“差异”(参见 Lyotard 1979)。

例如,人们期待自组织科学系统能处理理论的不确定性与一定限度内的社会变异之间的平衡。将这些转译的机制弄清楚是一个经验性的任务。如上所述,交流系统的发展是内容特定的,但是内容不是唯一相关的维度。案例研究可以教给我们有关的情境,并根据可能的选择和转译来为我们的假说增添信息。

## 第6节 对于科学知识社会学的意义

在较为传统的科学社会学和科学哲学里,社会的事物和认知的事物被作为独立的范畴(例如,“发现的情境”和“辩护的情境”),而后库恩范式强调了“社会-认知互作用”的不可分割性。新的研究路线已经集中在认知的事物和社会的事物之间互作用的动态发展上,例如,“社会-认知实践”(例如, Pickering 1992)。

如果人们自反性地意识到,相互作用的结果是又一个复杂事物,它可以依据所涉及的不同维度来分析,那么他们就必须假定,在每个情况下该复杂事物已经在一些方面发生了改变,但是在其他方面可能仍然保持不变。于是,人们需要一个把观察到的变化归于不同维度和/或它们的相互作用的模型。从方法的角度说,这个问题可以表述为把多变量视角(例如,从认知的角度和社会的角度来表述科研小组和科学领域之间的关系)和动力学视角相结合的问题。

多变量数据结构和动态发展两者关系的研究不是一个闲差事。时间维给多变量复合体增加了一个具体变量:从方法上来讲,时间维引入了观察值的自动相关,而从理论上,数据的这种自动相关显示了系统的自参照性,该系统产生了我们所研究的变异。换句话说,一些复杂数据结构在运行中被复制了,但是所产生的结构相对于其早先的状态可能还是改变了。(如第10章所示,在每个实例里,分布是否作为系统在发展着仍然是一个经验性的问题。)

面对当时尚未解决的方法论问题,即如何把观测到的数据归于涉及的交流系统和/或它们的相互作用,科学元勘学者必须建立一些纲领性的假定。虽然基于这些假定的结果可能突出强调某些重要的理论侧面,但科学交流的数理社会学方能使我们事后反省这些结果的价值。

例如,如果人们希望依据行动或者相互作用来解构全部的结构,如同一些微观建构论者或者后现代派所做的,那么他们就必须假定,全部结构只是所研究的时段上的(互)作用的结果。换句话说,依据行动者(也就是较低层次上的单元)之间的权宜性关系所做的分析并没有解构所有的结构,只解构了在相关的时间范围内可根据行动者之间的关系进行分解的那部分结构。如果,给定这一时间的跨度,结构是部分地自参照的,也就是说,要参照前一刻的自身,那么微观建构论者将只能够说明在这一时间跨度内行动者和结构之间的相互作用项<sup>〔1〕</sup>。

被研究的系统的历史在研究周期内决不会重新开始。如上所述,即使是新构造的系统的突现也只能参照以前存在的网络来历史性地加以说明。关系网络的本征矢量是调节着(“启动和抑制”)行动的潜在的维度,但是不能依据关系来分解。然而,依据关系,对观察到的分布所做的分析——如同建构论者所追求的——不能用于以所研究的(有时是隐含地)假定的系统为基准的定位研究(Burt 1982)。关联主义或者微观建构论者的纲领中的纲领性假定因此是弄巧成拙的:在经验研究中,微观建构论者不再能判别在多大程度上行动和结构是互相决定的,或者在多大程度上它们只

---

〔1〕 克诺尔-谢廷娜(Knorr-Cetina 1981,第27页)主张,“与自然科学不同,社会科学不能寄希望把握住依据突现性质而孕育出的宏观秩序:社会科学在方法论上就限定了要利用成员的知识 and 解释,然而,根据定义,未曾料到的后果之影响就无法成为社会知识的一部分”。但是,这个论点忽略了这样一个事实:自反性的分析人员能发展出一个参与者尚未见过的假说。

不过是对方的启动和约束条件(Giddens 1979; 1984)。集总关系和相对于网络的潜在维度的定位这二者之间的区分,在该研究传统中尚未得到充分反映(Leydesdorff 1993b)。下文我将回过头来讨论这一区分,但是首先让我指出一个相关的问题。

科学知识社会学的强纲领(见第2章)希望用社会-认知构造来说明全部的认知变异。但是,依据社会-认知结构来说明认知变异是可行的吗?依据一个较小的变异去解释一个较大的变异是没有意义的。科学上的认知不确定性包含在社会-认知互作用中,因此只能从社会学角度来解释这一纲领性假定,暗示着在先验基础上对一个经验性的问题给出非常靠不住的答案(Slezak 1989)。

这一纲领性假定已经被布鲁尔(Bloor 1976,第40页及其后)引入科学元勘,他借助了迪尔凯姆对宗教生活形式的分析。的确,科学有时起到信念系统的作用这一命题在经验研究上是成果丰硕的(例如争端研究),但是这并不能证明,科学在许多重要的方面与信念系统无异。这一个类比未注意到的一点是:作为一个科学家,他或她在现代社会中可以自由地建立理论,也就是说,与宗教生活的规范集成的形态不同,科学家可视作功能分化的子系统。例如,某人对一项科学“真理”的怀疑不再必然地在两个宗教社区之间造成分立,如同中世纪的情形;如今,某人的怀疑往往只是提出了各种各样有待进一步研究的问题而已。因而,解决交流不确定性的机制是不同的。现代科学不是等级式组织起来的信念系统,但是至少在一定程度上,它们也是并置的推理性构造物。

“信仰”指涉的是一个或多个行动者期待某事物是真实的。然而,科学已经被社会建构成理性期望的推论系统,这不仅是依据科学的日常运作实践,而且有一个深刻得多的意义,也就是说,依据了科学与整个社会的关系,尤其是与宗教系统的关系。在不同的场合,韦伯、帕森斯、默顿和卢曼注意到了新教价值观对于一般意义上的现代性的突现,尤其是对于科学的分化的重要意义。

在科学知识社会学中,人们应如何理解与迪尔凯姆纲领有关的功能分化的命题?与理论期望相反,一个信仰系统必须借助真理的编码化意义规范地集成起来,等级制地组织起来。如上所述,信仰可以归结于一个团体(例如,教会)。在天主教里,教会的机构组织是分级的:既然罗马教皇被认为是教皇(Vicar of Christ),那么他就处于这个遍布四海的分层组织的顶部(‘kat’ holèn gèn’)<sup>[1]</sup>。在新教里,每个个体在上帝面前是平等的,因此人们面对的世界是在他们的关系网络中的一个潜结构。但是在宗教的交流里,词的含义总是模糊的。

借助于网络,科学理论建构中的真理,市场上的价格,个人关系中的爱情,等等,都可以从规范集成之中功能分化出来,构成为个体的或者集体的信念系统。这些不同的交流媒介是潜在非区域化的网络功能;在一个世俗化社会里,规范集成最终可视作循环递归的网络功能(参见 Maturana 1978)。不同的功能往往是互相正交的(Simon 1969),因而等级化分层就被功能分化完全代替了。

科学家对功能分化一直有特别的需要,因为他们需要为临时性解释留下空间,同时他们可能希望根据事后的认识来改变这些解释。科学只允许对交流的条件(例如,资源分配)进行规范管理,而不允许对这些交流的实质性内容或者反思性内容进行控制。因而,从规范集成中分化出来,是自然哲学(也就是,新型科学)进一步发展的功能性要求。这个关键冲突之战在欧洲是在 1632 年伽利略的《对话》的问世和 1687 年牛顿《原理》的发表之间展开的。从那时候起,功能分化已经在社会系统里进一步制度化了(Leydesdorff 1994d)。

准确地说,什么是新哲学的文化角色呢?为什么它能驱动这

---

[1] hierarchy 这个词源自于希腊词“hieros”和“archein”,它们分别意味着“神圣”和“统治”。



个发展?通过在一个实验环境里重构“自然”,观察就转化为与期望相关的一个示例过程。由于这个重构证明是成功的,即,在历史上是稳定的,自然界就用自然界的表象来替代。因此,一个范式可以改写另一个。从模型角度看,这可能是一个演化事件,或是一个逐步渐进的替换过程。但是,在旧范式被替换之后,它往往也失去了意义。例如,我们很难理解,为什么惠更斯拒斥牛顿的“重力”概念,说它是“荒谬的”,可是在其他场合他又对牛顿的《原理》印象很好<sup>[1]</sup>。同样地,我们不能理解为什么中世纪的医师认为给病人放血是很重要的。现在,我们直觉上就将“重力”和“血压”理解为有意义的概念。重构的这种转译机制驱动着文化进化,或者说驱动着现代化(如果人们愿意这么说的话)。科学话语给社会的其他子系统提供了一个自反性的窗口,据以观察讨论表象中所表述的任何东西包含着的不确定性。通过将事件理解为一系列可能性中的具体实例,人们可以发明出重组方式,它可以比迄今发生在“自然界”中的共同演化更能适应新的情境。

科学交流对于广义社会交流的特殊功能,后来使得“科学和社会”的课题变得如此困难。被研究的科学家们的“社会-认知”(互)作用在运行中耦合了两个交流系统(例如,“社会”的群体和“认知”的领域)。但是没有行动者权宜性地操作,社会系统就不能运转,因此,有关的科学家在两个维度上都结构性地和社会-认知交流耦合到了一起。因此,每个行动至少有4个意义:为了解释作为结果的相互作用,人们必须将作为参考系的行动者和交流网络与分化维度加以对照。

因而,“科学和社会”问题的研究者必须同时分析两个问题,即,关于个体和社会之间的动态关系的社会学问题(社会行动和社

---

[1] 给莱布尼茨的信,1690年11月18日(C. Huygens, Oeuvres Complètes, 第四卷,第538页)。

会结构),关于认识主体和作为认知交流结构的科学之间的关系的认识论问题。“社会-认知”交流包含了实质和自反性,因此,观察到的数据可以被归于分化系统的一个以上的维度。因此,在将行动划归社会的和认知的情境时有重构的灵活性(Hesse 1980)。

另外,时间维的更新频率必须被规定下来。科研小组和科学领域两者都是更大的社会系统的一部分。在一个超周期里,不同的周期,也就是说,个体和社会周期,及认识主体和科学真理的周期,可以被集成到一个(超)系统中,但是具有潜在在不同的频率。(亚)系统在下一个较高的层次上构成了二阶控制论的单元,这些单元复制着分化,从而也确保了低层次单元的完整性(Maturana 和 Varela 1980;参见 Simon 1973)。历史上,这个组构的语义学是由新教徒对宗教自由的需要而形成的;从系统的角度说,在(否则是并置的)系统对意义进行内部处理是关键性的。注意,分化的具体形式也是与历史权宜相关的,从而会发生变化(Teubner 1987)。

## 第 7 节 对于转译社会学和共词分析的意义

在科学元勘中,低层次单元的完整性问题是由转译社会学(或曰行动者网络进路)提出来的。它被延伸到人类的范畴之外:“非人”的事物,例如电子、扇贝和文本,都可以作为行动作用者与行动者网络发生关系(例如,Callon 和 Latour 1981; Callon 等 1983; Latour 1987a)。在转译社会学中,所有的异质性都经由关系发展成一个行动者网络(Callon 和 Law 1982; Callon 等 1983)。由此产生的(符号学)网络仅包含关系(“结合”);根据这个纲领性的假定,根本就没有留下讨论定位的空间。相应地,拉都尔的“宏观行动者”并不是网络里的一个“本征矢量”或者“密度”,而是一个可识别的“转译者”(例如,在 Latour (1987b)里的“王子”),而这个转译者

层级性地与所有涉及的单元发生关系。类似地,在共词网络里的“宏观词”是图形里的明星,而不单单是在多维空间里的一个抽象位置(参见 Callon 等 1989; Courtial 1989)。用于重构的关联算法不允许做定位分析<sup>〔1〕</sup>。

由于缺乏从假设因素角度来说明异质性的选择,分析人员就无法判别网络中事件的各种原因,更谈不上对于这些事件的(行动者的)原因和理由的区分了。因此,拉都尔(Latour 1987a)不再能判定,伽利略到底是因为社交的失败还是认知的错误而被判刑的;也不能判定,李森科的得宠是因为他的理论贡献还是他的意蒂牢结立场(参见 Amsterdamska 1990)。这一纲领性的假定再次变成起反作用的:假定的网络一致性,对于网络的动态分析似乎是效果好的(因为它将构造物的多维投射到沿时间轴的关系这一单一维度上),然而事后发现,这种一致性妨碍人们系统性地区分出,网络的哪些侧面发生了变化,哪些侧面未发生变化。相应地,用于共词分析的关联算法(例如,LEXIMAPPE 和 CANDIDE)能看出变化,但是找不到连续性(Leydesdorff 1992c)。

我们应该坚定地看到,网络有着体系结构,且这个结构在每个瞬间可以用本征结构来表现。这个隐含的结构使得有关行动者能在经验和行动之间做出区分(别的且不论)(Luhmann 1990)。接受性的经验依赖于一个人的位置,而将意义自反性地归于输入信号,这件事仍然要靠体验着和反思着的行动者内部的酌情裁定。而行动者本身都具有经验和反馈。“行动者”产生不确定性所依据的纲领与“行动作用者”(也就是,人们在交流网络里的表象)是不同的。那个表象给我们提供了网络的地址,但没有提供充分的信

---

〔1〕 卡龙(Callon 1990)允许在网络的“极”之间有制度性分化。然而,这个分化对于网络是“给定”的,而不是联系于网络构想出来的。在另一项研究中,拉都尔(Latour 1991)提倡逆化,将之作为这个社会学对政治哲学的主要纲领性讯息。

息让我们推断,被表象的单元是否是自反性的。重构论的分析人员需要增加这个信息,将之作为一个假说。在自反性动因和非自反的行动作用者之间做出区分是非常关键的:没有自反性的动因,网络就不能转译,而只能作为香农式的交流通道发挥作用,也就是说,只能传递。

靠行动者酌情处理的感知和自反性,同网络里观察到的交流,这二者的区分是理解“真理”在社会交流中意味着什么的一个先决条件。我们每一个人依据我们内在的程序对意义进行自反性加工,这种能力属于我们从个人主义革命,尤其是“科学”革命所继承下来的遗产,而不管这个分化今天采取什么形式。有人出于纲领性的原因,希望仅关注从外部能观察到的行动,在未阐明各种期望系统的情况下(对于这些系统,这些行动是相关事件),人们将不能区别系统中的内部加工过程(包括将真值自反性地赋予信息)和它的外部效果(例如,业绩或者经济上的成功),于是,先验地剥夺了自己根据表象或者可量度的代替物(例如,Whitley (1984)提及的名誉)以外的东西对科学知识自身的真实性和客观性方面的不确定性进行检查的可能性。

因此,布鲁尔(Bloor 1976,第1页)自相矛盾地说,“对于科学知识本身的绝对性和超越性,对于合理性、有效性、真理性或客观性等等的特殊本质,并没有什么限制。”接着,由于坚持仅仅依据可观察到的“社会-认知作用”来操作这些概念,他就剥夺了自己解释这些概念的可能性。他和在这点上追随他的其他人已经把分析单元和观察单元等同起来。

对于在网络层次上话语的发展而言,行动者相信什么,这一点是要紧的。辨明这些相互作用就要求有一个更丰富的模型,关于对称性的一些先验假定(参见 Mulkay 等 1983;第2章)还满足不了模型的要求。布鲁尔是正确的,并不需要假定科学知识具有绝对的或超越的特性;对社会学的和心理学的意义进行自参照和交

互式的处理,可能产生(也可能不产生)比如说作为科学交流的一个功能的“真理”。然而,这些不是对称的操作,因为行动者的作用和信仰在其他维度上估计会造成差别。对称性假定是起反作用的,因为可以预见到,它可能导致扭曲的表象。

总之,“合理性”、有效性、真理性或者“客观性”是在涉及到的不同自参照系统之间特定相互作用的属性。若没有自反性的科学家在权宜地开展交流,若媒介(如文本或话语)中没有一个讯息进行了足够的编码以致能交流复杂信息,若没有一个认知结构(例如,理论)足够分化,以致讯息的真实性能从它的信息价值中区分开来,就没有科学真理能被交流出去。

分析人员不应该拿显明的“社会-认知作用”当作一个分析单元或者只看表面含义。这些“社会-认知作用”自身应该被解构为事件,在事件中,社会的和认知的维度与涉及到的行动者和有关的(分化了的)的网络共同变化。两个结构上耦合的系统,即科学动因和科学话语,在运行时耦合于单一交流之中,不过是在不同的维度上。类似地,科学计量学学者不应该将词或者引文自身当作分析的单元和只看其表面含义。词是名义变量的最好的例子;变量是分析单元的属性;因此,变量仅对于其分析单元有意义。例如,除非在句子中,词没有意义(Bar-Hillel 1955)。用词模式方面的变化只不过是各种变化过程的可观察到的结果,在观察结果可显示的系统里,变化可能已经发生。例如,在一给定的科学文本中,人们可能发现惊人地一致的用词模式。在两个文本之间,用词模式的变化可能反映出实质性的和语义的变化。辨明这些维度,弄清维度上的变化估计会随机发生还是系统地发生,也许导致对于后续的运用中发生用词模式变化的不同期望。

## 第 8 节 科学计量学面临的进一步挑战

上面表达的纲领似乎与逻辑实证主义纲领有一个共同特点,就是把来自于自然科学的科学模型推广到社会科学。然而,情况其实不是这样的:逻辑实证主义规定了一个规范(先验)模型,为的是奠定基础以排除无意义陈述的范畴,也为了保证其他陈述的似真性增加的确定性。我已经强调了经验的(也就是,后验的)视角,而没有将这个立场化简为经验主义者的立场。中心问题是,从理论层次上说,我们从与科学元勘有关的不同学科中能学到什么。

例如,科学知识社会学和转译社会学,因为它们都强调建构论,已经给我们提供了自反性地研究科学的语义工具,我们可以视科学为话语,而且依据历史上变化着的网络来研究科学。然而,科学知识社会学已被牵连进所谓的“自反性问题”:反思中的不同层不能被充分地区分开来。这些作者最终没有把自反性归因到网络(例如, Woolgar 1988; Collins 和 Yearley 1992),而转译社会学则假定,无需在(有时)能积极地表现自身的自反性行动者和被动地表现的行动作用者之间做任何理论区分,网络就可以转译。

自反性必须相对于一个交流网络被明确阐释,它不同于相对于人的自发性阐释。否则,我们要么只好给自反性行动者加上超自反性的重担,要么只好低估该问题的复杂性,声称网络中的所有行动作用者都有相同的自反性潜力。而且,自反性的论证可能很容易变得负荷过重,比如当同一个术语对于不同的系统有不同的意义的情形,还有当这些意义可能发生历时变化的情形。令人啼笑皆非的是,这一点是在这个传统内被注意到的,但是还没有被系统地阐述过(例如, Hicks 和 Potter 1991)。

在科学交流的社会学中,首先有一些被研究的交流系统。这些系统包含并且加工信息;它们在本地节点(行动者)上的相互作

用中彼此干扰。在每个瞬间的变异包含了不确定性。在动态分析中,不确定性可以被认为是产生了变异的系统的概率熵的一部分。第二,人际交流中的推论性反思给信息交换增加了一个交流“意义”。我已经论证了为什么不应该将信息化简为有意义的信息(参见 Eco 1976);这两个范畴必须被纵横列表加以比较。

在科学的话语中,由于编码化程度较高,这些自反性的操作比在通用语言中更透明。最初,科学的高度编码化和宗教系统是一致的,但是事后看来,科学革命之所以成就卓越,是因为将这个“固定的”编码法典转化成了一个自反性的话语(Leydesdorff 1993d)。从那时起,这两个层次(也就是,实质层次和自反层次)被发展成了自由度,且两者之间的相互作用有时可以被稳定成一个特定的范式。

在信念系统和科学交流系统中的推论推理之间的差异在于,自反性可以被理解为一个自由度而不是高阶的优先权(比如真理)。真理是在话语中构造出来的。因而,彼此迭加的层的概念可以用具有正交维度的复杂构造物的概念来取代。

在科学内部的反思和作为研究主题的对科学的反思(Kuhn 1962)之间有形式上的类同,不应该认为这一类同就表明有实质上的类似。相反地,反思先验地就被期望是正交的,因此,是本质不同的,即“不可通约的”。它们在事件中互相作用,但是,事件意味着什么对于每个自反性系统是不同的。对不同反思和不同瞬间的各种标记必须在分析上保持分离。但是如上所述,当要求这个“超自反性”的时候,话语可能变得很混乱,当范畴和它们的值都在变化时,人们需要算法代码去给不同回路中的所有范畴加上标志。以自然语言进行理论构建的几何比喻的编码化程度不再是充分的了,不足以处理复杂性。记住第5章中我们已经碰到这个元理论问题,当时我们只能得出结论说:词的共现在频度和文本中的意义方面均发生了变化。

总之,科学交流的数理社会学对科学元勘中推论推理的认识论地位提出了挑战:为了理解研究中的自反性系统,人们必须从基于不同学科几何隐喻的(部分)理解走向算法模拟(Andersen 1993)。理论话语在所研究的复杂社会系统之上构成了一个复杂(自反性的)窗口。然而,每种自反性理解都隐含着基本复杂性的减少,因为选择了一个特定的(选择性的)视角(Hinton 等 1986)。换句话说,模型系统的“表现型”行为比其构成性(“基因型”)动态特性更复杂,而只有后者能作为实质性理论建构的主题(Langton 1989)。

算法的重新设计会使我们能够依据流量来识别不同的动态特性。然而,变动中的范畴的重新确定对于理论建构的认识论现状是有意义的。一方面,推论理论规定了关于所研究的复杂系统的亚动力学特性的预期值(参照 Blauwhof 1994)。另一方面,算法模型使我们能够重构二阶交互作用,区分出实质性参数的相对位置(和权重),其方式是,依据期望它们做出解释的那部分差异(即,概率熵流)的动态模拟来比较这些参数。模型结果随后向理论理解提出了挑战。然后,详细说明和检验的反复进行构成了经验研究过程。

如果理论话语被认为是竞争性的理解窗口,那么,对于理论进一步发展的演化预期便是,它们会倾向于分化,因为分化系统可以比未分化的系统处理更多的复杂性。不同的理论跨越了由可能的变异组成的相空间,从原则上说,可以对这些可能的变异进行算法扫描,看看是否有可能存在着与通过演化实现的次最优状态不同的次最优状态。然后,凭借理论洞察力对经验性的事态规定一些期望值:期望就隐含着选择,实施选择的方式使得能将它归并入模型系统,以减少复杂性(若没有理论的限制,可能的组合数将迅速地增长至不可计数的地步)。科学计量学的更进一步的挑战就是正面地和反思地评价每种视角的片面性,将其当作科学理论建构



的后现代状况的一部分。算法模型的详细说明有时给我们提供这样一种可能性,即暂时闭合学科间理论建构的超周期并对其进行更新。

(鲍景新 译)

## 参 考 文 献

- Abernathy, W. J. and K. B. Clark (1985). 'Innovation: mapping the winds of creative destruction,' *Research Policy* 14, 3-22.
- Allen, P. M. (1994). 'Evolutionary Complex Systems: Models of Technology Change.' In: Leydesdorff and Van den Besselaar (1994), pp. 1-18.
- Amsterdamska, O. (1990). 'Surely you are joking, Monsieur Latour!', *Science, Technology and Human Values* 15, 495-504.
- Amsterdamska, O., and L. Leydesdorff (1989). 'Citations: Indicators of Significance?', *Scientometrics* 15, 449-71.
- Andersen, E. S. (1992). *Artificial Economic Evolution and Schumpeter*. Aalborg: Institute for Production, University of Aalborg.
- Andersen, E. S. (1993). *Elements of Evolutionary Economics*. *Post-Schumpeterian Contributions*. PhD Thesis, Department of Business Studies, University of Aalborg, Aalborg.
- Anderson, J., P. M. D. Collins, J. Irvine, P. A. Isard, B. R. Martin, F. Narin, and K. Stevens (1988). 'On-line approaches to measuring national scientific output- A cautionary tale,' *Science and Public Policy* 15, 153-61.
- Anderson, P. W., K. J. Arrow, and D. Pines (Eds.) (1988). *The Economy as a Complex Evolving System*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Arthur, W. B. (1988). 'Competing technologies.' In: Dosi et al. (1988), pp. 590-607.
- Arthur, W. B. (1990). 'Positive Feedbacks in the Economy,' *Scientific American*, 80-5.
- Attneave, F. (1959). *Applications of Information Theory to Psychology* (New

- York: Holt, Rinehart and Winston).
- Bailey, K. D. (1990). 'Why *H* does not measure information: the role of the 'special case' legerdemain solution in the maintenance of anomalies in normal science,' *Quality and Quantity* 24, 159-71.
- Bakker, R. R. (1987). *Knowledge Graphs: Representations and Structuring of Scientific Knowledge* (Enschede: Unpublished PhD Thesis, University Twente).
- Bar-Hillel, Y. (1955). 'An Examination of Information Theory,' *Phil. Sci.* 22, 86-105.
- Barnes, B. (1969). 'Paradigms-- Scientific and Social,' *Man* 4, 94-102.
- Bastide, F., J.-P. Courtial, and M. Callon (1989). 'Is it Possible to Use Review Articles for the Analysis of the Dynamics of an Area of Research,' *Scientometrics* 15, 535-62.
- Bertsekas, D. P., and J. N. Tsitsiklis (1989). *Parallel and Distributed Computation* (Englewood Cliffs: Prentice-Hall).
- Bijker, W. E., Hughes, Th. P., and T. J. Pinch (1987). *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology* (Cambridge, Ma.: MIT Press).
- Blauwhof, G. (1994). 'Non-equilibria Dynamics and the Sociology of Technology.' In: Leydesdorff and Van den Besselaar (1994), pp. 152-66.
- Blauwhof, G. (1995). *The Non-linear Dynamics of Technological Developments: an exploration of telecommunications technology*. Ph. D. Thesis, University of Amsterdam.
- Bloor, D. (1976). *Knowledge and Social Imagery* (London, etc.: Routledge & Kegan Paul).
- Bloor, D. (1982). 'Polyhedra and the Abominations of Leviticus: Cognitive Styles in Mathematics.' In: M. Douglas (Ed.), *Essays in the Sociology of Perception* (London/Boston: Routledge & Kegan Paul), pp. 191-218.
- Bloor, D. (1983). *Wittgenstein: A Social Theory of Knowledge* (New York: Columbia University Press).

- Bloor, D. (1984). 'The Sociology of Reasons: Or Why "Epistemic Factors" are Really "Social Factors".' In: Brown (1984), pp. 295-324.
- Boltzmann, L. (1877). 'Über die Beziehung eines allgemeinen mechanischen Satzes zum zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie,' *Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, Math.-Naturwiss. Kl.* 75, 67-73.
- Borgman, C. L. (1989). 'Bibliometrics and Scholarly Communication. Editor's Introduction,' *Communication Research* 16, 583-99.
- Boyer, R. (Ed.) (1990). *Figures de l'irréversibilité en économie* (Paris: EHESS).
- Bradley, I., and R. L. Meek (1986). *Matrices and Society. Matrix Algebra and Its Applications in the Social Sciences* (Harmondsworth: Penguin).
- Braun, T., W. Glänzel, and A. Schubert (1989). 'Assessing Assessments of British Science. Some Facts and Figures to Accept or Decline,' *Scientometrics* 15, 165-70.
- Braun, T., W. Glänzel, and A. Schubert (1991). 'The Bibliometric Assessment of UK Scientific Performance-- Some Comments on Martin's Reply,' *Scientometrics* 20, 359-62.
- Bray, J. H., and S. E. Maxwell (1985). *Multivariate Analysis of Variance* (Beverly Hills, etc.: Sage).
- Brillouin, L. (1962). *Science and Information Theory* (New York: Academic Press).
- Brooks, D. R., and E. O. Wiley (1986). *Evolution as Entropy* (Chicago/London: University of Chicago Press).
- Brown, J. (Ed.) (1984). *Scientific Rationality: The Sociological Turn* (Dordrecht: Reidel).
- Bruckner E., W. Ebeling, M. A. Jiménez Montaña, and A. Scharnhorst, 'Hyperselection and Innovation Described by a Stochastic Model of Technological Evolution.' In: Leydesdorff and Van den Besselaar (1994), pp. 79-90.
- Brunner, H.-P. (1994). 'Technological Diversity, Random Selection in a Pop-

- ulation of Firms, and Technological Institutions of Government.' In: Leydesdorff and Van den Besselaar (1994), pp. 33-43.
- Burrichter, C., and G. Lauterbach (Eds.) (1988). *Wissenschaftsforschung im internationalen Vergleich* (Erlangen: Institut für Gesellschaft und Wissenschaft).
- Burt, R. S. (1982). *Toward a Structural Theory of Action* (New York, etc.: Academic Press).
- Burt, R. S. (1983). 'Network Data from Archival Records.' In: Burt and Minor (1983), pp. 158-174.
- Burt, R. S. (1987). *Structure. Version 3.2, Technical Report # TR2* (New York: Columbia University).
- Burt, R. S., and M. J. Minor (Eds.) (1983). *Applied Network Analysis* (Beverly Hills, etc.: Sage).
- Callon, M. (1985). 'Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen St. Brieuc Bay.' In: Law (1985), pp. 196-233.
- Callon, M. (1990). 'Réseaux Technico-économiques et Irreversibilité.' In: Boyer (1990).
- Callon, M., and B. Latour (1981). 'Unscrewing the big Leviathan: how actors macro-structure reality and how sociologists help them to do so.' In: Knorr-Cetina and Cicourel (1981), pp. 277-303.
- Callon, M., and J. Law (1982). 'On interests and their transformation,' *Social Studies of Science* 12, 615-625.
- Callon, M., J.-P. Courtial, W. A. Turner, and S. Bauin (1983). 'From Translations to Problematic Networks: An Introduction to Co-word Analysis,' *Social Science Information* 22, 191-235.
- Callon, M., J. Law, and A. Rip (Eds.) (1986). *Mapping the Dynamics of Science and Technology* (London: Macmillan).
- Callon, M., and J.-P. Courtial (1989). *Co-Word Analysis: A Tool for the Evaluation of Public Research Policy* (Paris: Ecole Nationale Supérieure des

- Mines).
- Callon, M., J.-P. Courtial, and H. Penan (1993). *La Scientométrie* (Paris: Presses Universitaires de France).
- Carpenter, M. P., and F. Narin (1973). 'Clustering of Scientific Journals,' *Journal of the American Society of Information Science* 24, 425-36.
- Chabris, C. F. (1989). *Artificial Intelligence and Turbo C* (Homewood, Ill.: Dow Jones-Irwin).
- Chatfield, C. (1975). *The Analysis of Time Series* (London/New York: Chapman and Hall).
- Chen, Y.-S. (1985). *Statistical Models of Texts* (Purdue: Unpublished PhD Thesis, Purdue University).
- Chubin, D., and S. Restivo (1983). 'The 'Mooting' of Science Studies: Research Programmes and Science Policy.' In: Knorr and Mulkay (1983), pp. 53-83.
- Clark, K. B. (1985). 'The interaction of design hierarchies and market concepts in technological evolution,' *Research Policy* 14, 235-51.
- Cole, J. R., and S. Cole (1973). *Social Stratification in Science* (Chicago/London: University of Chicago Press).
- Collins, H. M. (1983a). 'The Sociology of Scientific Knowledge: Studies of Contemporary Science,' *Annual Review of Sociology* 9, 265-85.
- Collins, H. M. (1983b). 'An empirical relativist programme in the sociology of scientific knowledge.' In: Knorr and Mulkay (1983), pp. 85-113.
- Collins, H. M. (1985a). 'The Possibilities of Science Policy,' *Social Studies of Science* 15, 554-8.
- Collins, H. M. (1985b). *Changing Order: replication and induction in scientific practice* (London: Sage).
- Collins, H. M., and S. Yearley (1992). 'Epistemological Chicken.' In: Pickering (1992).
- Courtial, J.-P. (1989). 'Qualitative Models, Quantitative Tools and Network Analysis,' *Scientometrics* 15, 527-34.

- Cozzens, S. E. and L. Leydesdorff (1993). 'Journal Systems as Macro-Indicators of Structural Change in the Sciences.' In: Van Raan *et al.* (1993), pp. 219-33.
- Crane, D. (1969). 'Social Structure in a Group of Scientists,' *American Sociological Review* 36, 335-52.
- Crane, D. (1972). *Invisible Colleges* (Chicago: University of Chicago Press).
- Cronin, B. 1981. 'The need for a theory of citation,' *Journal of Documentation* 37, 16-24.
- De Vries, P. H. (1989). *Representation of Scientific Texts in Knowledge Graphs* (Groningen: Unpublished PhD Thesis, State University Groningen).
- Doreian, P. (1986). 'A Revised Measure of Standing of Journals in Stratified Networks,' *Scientometrics* 11, 63-72.
- Doreian, P., and T. J. Fararo (1985). 'Structural Equivalence in a Journal Network,' *Journal of the American Society of Information Science* 36, 28-37.
- Dorling, J. (1979). 'Bayesian Personalism, The Methodology of Research Programmes, and Duhem's Problem,' *Studies in History and Philosophy of Science* 10, 177-87.
- Dosi, G. (1982). 'Technological paradigms and technological trajectories,' *Research Policy* 11, 147-62.
- Dosi, G. (1991). 'Perspectives on evolutionary theory,' *Science and Public Policy* 18, 353-363.
- Dosi, G., C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, and L. Soete (Eds.) (1988). *Technical Change and Economic Theory* (London: Pinter).
- Durkheim, E. (1912). *Les formes élémentaires de la vie religieuse* (Paris: F. Alcan).
- Eco, U. (1976). *A Theory of Semiotics* (Indiana University Press).
- Edge, D. (1979). 'Quantitative Measures of Communication in Science: A Critical Overview,' *Hist. Sci.* 17, 102-34.

- Egghe, L., and R. Rousseau (Eds.) (1988). *Informetrics* 87/88 (Amsterdam: Elsevier).
- Elias, N., H. Martins, and R. Whitley (Eds.) (1982). *Scientific Establishments and Hierarchies* (Dordrecht: Reidel).
- Engelsman, E. C., and A. F. J. van Raan (1991). *Mapping Technology: A first exploration of knowledge diffusion amongst fields of technology* (The Hague: Ministry of Economic Affairs).
- Everitt, B. (1974). *Cluster Analysis*. Social Science Research Council (London, etc.: Heinemann).
- Faulkner, W. and J. Senker (1994). *Knowledge frontiers, public sector research and industrial innovation in biotechnology, engineering ceramics, and parallel computing* (Oxford/New York: Clarendon Press).
- Feyerabend, P. (1975). *Against Method* (London: NLB).
- Findler, N. V. (Ed.) (1979). *Associative Networks. Representation and Use of Knowledge by Computers* (New York: Academic Press).
- Freeman, L. C. (1978). 'Centrality in Social Networks. Conceptual Clarification,' *Social Networks* 1, 215-39.
- Freud, S. (1900). *Die Traumdeutung* (Leipzig und Wien: Franz Deuticke).
- Fujimura, J. H. (1991). 'On methods, ontologies, and representation in the Sociology of Science: Where do we stand?' In: Maines (1991).
- Garfield, E. (1972). 'Citation Analysis as a Tool in Journal Evaluation,' *Science* 178, 471-79.
- Garfield, E. (1979). *Citation Indexing* (New York: Wiley).
- Gellner, E. (1985). 'Positivism against Hegelianism,' *Relativism and the Social Sciences* (Cambridge: Cambridge University Press), 4-67.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process* (Cambridge, MA: Harvard University Press).
- Giddens, A. (1979). *Central Problems in Social Theory* (London, etc.: Macmillan).
- Giddens, A. (1984). *The Constitution of Society* (Cambridge: Polity Press).



- Giere, R. (1988). *Explaining Science. A Cognitive Approach* (Chicago/London: Chicago University Press).
- Giere, R. (Ed.) (1992). *Cognitive models of science, Minnesota studies in the philosophy of science: Vol. XV* (Minneapolis: University of Minnesota).
- Gilbert, G. N., and M. J. Mulkay (1984). *Opening Pandora's Box. A Sociological Analysis of Scientists' Discourse* (Cambridge: Cambridge University Press).
- Glagow, M., H. Willke, and H. Wiesenthal (Eds.) (1989). *Gesellschaftliche Steuerungsrationalität und partikulare Handlungsstrategien* (Pfaffenweiler: Centaurus-Verlagsgesellschaft).
- Gooding, D. (1990). *Experiment and the making of meaning* (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers).
- Gorman, M. E. (1992). *Simulating science: Heuristics, mental models, and technoscientific thinking* (Bloomington: Indiana University Press).
- Gouldner, A. W. (1970). *The Coming Crisis of Western Sociology* (New York: Basic Books).
- Griffith, B. C., and N. C. Mullins (1972). 'Coherent Social Groups in Scientific Change,' *Science* 177, 52-7.
- Guice, J. (1994). 'Science studies: bringing the big issues back in,' *Social Epistemology* 8, 109-13.
- Halmos, P. (Ed.) (1972). *The Sociology of Science. Sociological Review Monographs* 18 (Keele: Keele University Press).
- Habermas, J., and N. Luhmann (1971). *Theorie der Gesellschaft oder Sozialtechnologie* (Frankfurt a. M.: Suhrkamp).
- Hanneman, R. (1988). *Computer-Assisted Theory Building: Modeling Dynamic Social Systems* (Newbury Park, etc.: Sage).
- Haraway, D. (1988). 'Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective,' *Feminist Studies* 14, 575-99.
- Hayles, N. K. (1990). *Chaos Bound; Orderly Disorder in Contemporary Lit-*

- erature and Science* (Ithaca, etc.: Cornell University).
- Healey, P., H. Rothman, and P. K. Koch (1986). 'An Experiment in Science Mapping for Research Planning,' *Research Policy* 15, 179-84.
- Heidegger, M. (1962). *Die Frage nach dem Ding* (Tübingen: Max Niemeyer).
- Henderson, D. (1990). 'Sociology of Science and the Continuing Importance of Epistemologically Couched Accounts,' *Social Studies of Science* 20, 112-48.
- Hesse, M. (1974). *The Structure of Scientific Inference* (London, etc.: Macmillan).
- Hesse, M. (1980). *Revolutions and Reconstructions in the Philosophy of Science* (London: Harvester Press).
- Hicks, D., and J. Potter, 'Sociology of Scientific Knowledge: A Reflexive Analysis of Science Disciplines and Disciplining Science,' *Social Studies of Science* 21, 459-501.
- Hinton, G., J. L. McClelland, and D. E. Rumelhart (1986). 'Distributed Representations.' In: Rumelhart *et al.* (1986), pp. 77-109.
- Holmes, F. L. (1984). 'The Individual Scientist in the Near and Deeper Past,' *Isis* 75, 131-42.
- Holzner, B., W. N. Dunn, and M. Shahidullah (1987). 'An Accounting Scheme for Designing Science Impact Indicators: The Knowledge System Perspective,' *Knowledge* 9, 173-204.
- Howson, C., and P. Urbach (1989). *Scientific Reasoning. The Bayesian Approach* (La Salle, Ill.: Open Court).
- Hughes, T. P. (1987). "The evolution of large technical systems," in: Bijker *et al.* (1987), pp. 51-82.
- Huygens, C. (1888-1950). *Oeuvres Complètes*. Publ. Soc. holl. des Sciences, 22 vols. (The Hague: Nijhoff).
- Ijiri, Y., and H. A. Simon (1977). *Skew Distributions and the Sizes of Business Firms* (Amsterdam, etc.: North Holland).

- Irvine, J., and B. R. Martin (1984). *Foresight in Science: Picking the Winners* (London: Frances Pinter).
- Irvine, J., B. Martin, T. Peacock, R. Turner (1985). 'Charting the decline of British science,' *Nature* 316, 587-90.
- Irvine, J., and B. R. Martin (1986). 'Is Britain spending enough on science?,' *Nature* 323, 591-94.
- Jasanoff, S., G. E. Markle, J. C. Peterson, and T. J. Pinch (Eds.) (1994). *Handbook of Science and Technology Studies* (London/ Beverly Hills: Sage).
- Jöreskog, K. G., and A. S. Goldberger (1975). 'Estimation of a model with multiple indicators and multiple causes of a single latent variable,' *Journal of the American Statistical Association* 70, 631-9.
- Kampmann, C., C. Haxholdt, E. Mosekilde, and J. D. Sterman (1994). 'Entrainment in a Disaggregated Long-Wave Model.' In: Leydesdorff and Van den Besselaar (1994), pp. 109-24.
- Kim, J.-O. (1975). 'Factor Analysis.' In: Nie *et al.* (1975), pp. 468-514.
- Kim, J.-O., and C. W. Müller (1978). *Factor Analysis, Statistical Methods and Practical Issues* (Beverly Hills, etc.: Sage).
- King, M. D. (1971). 'Reason, Tradition, and the Progressiveness of Science,' *History and Theory* 21, 3-32.
- Knorr-Cetina, K. D. (1981). 'Introduction. The micro-sociological challenge to macro-sociology: towards a reconstruction of social theory and method.' In: Knorr-Cetina and Cicourel (1981), pp. 1-47.
- Knorr-Cetina, K. D., and A. V. Cicourel (Eds.) (1981). *Advances in Social Theory and Methodology. Toward an Integration of Micro- and Macro-Sociologies* (London: Routledge & Kegan Paul).
- Knorr, K. D., and M. J. Mulkay (Eds.) (1983). *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science* (London: Sage).
- Krackhardt, D. (1987). 'Cognitive Social Structures,' *Social Networks* 9, 109-34.

- Kranakis, E. , and L. Leydesdorff (1989). 'Teletraffic Conferences: Studying a Field of Engineering Science,' *Scientometrics* 15, 563-91.
- Krippendorff, K. (1986). *Information Theory. Structural Models for Qualitative Data* (Beverly Hills, etc. : Sage).
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: University of Chicago Press).
- Kuhn, T. S. (1984). 'Scientific Development and Lexical Change,' *The Thalheimer Lectures* (Johns Hopkins University).
- Küppers, G. . P. Lundgreen, and P. Weingart (1979). 'Umweltprogramm und Umweltforschung- Zum Versuch der politischen Integration eines Forschungsfeldes.' In: Van den Daele *et al.* (1979), pp. 239-86.
- Lakatos, I. (1970). 'Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes.' In: Lakatos and Musgrave (1970), pp. 91-196.
- Lakatos, I. , and A. Musgrave (Eds.) (1970). *Criticism and the Growth of Knowledge* (Cambridge: Cambridge University Press).
- Langley, P. , H. A. Simon, G. L. Bradshaw, and J. M. Zytkow (1987). *Scientific Discovery. Computational Explorations of the Creative Processes* (Cambridge, Mass. / London: MIT).
- Langton, C. G. 1989. *Artificial Life* (Redwood City, CA: Addison Wesley).
- Langton, C. G. , C. Taylor, J. Doyne Farmer, and S. Rasmussen. 1992. *Artificial Life II* (Redwood City, CA: Addison Wesley).
- Latour, B. (1987a). *Science in Action* (Milton Keynes: Open University Press).
- Latour, B. (1987b). 'The Prince for machines as well as for machinations.' In: B. Elliott (Ed.), *Technology and Social Change* (Edinburgh: Edinburgh University Press), pp. 20-43.
- Latour, B. (1988). *The Pasteurization of France* (Cambridge, Mass. / London: Harvard University Press).
- Latour, B. (1991). 'The Impact of Science Studies on Political Philosophy,' *Science, Technology and Human Values* 16, 3-19.

- Latour, B., and S. Woolgar (1979). *Laboratory Life* (Beverly Hills, etc. : Sage).
- Law, J. (Ed.) (1985). *Power, Action and Belief. A New Sociology of Knowledge* (London, etc. : Routledge and Kegan Paul).
- Law, J. (1986). 'The Heterogeneity of Texts.' In: Callon *et al.* (1986), pp. 67-83.
- Law, J., and R. Williams (1982). 'Putting Facts Together: A Study of Scientific Persuasion,' *Social Studies of Science* 12, 535-58.
- Law, J., and P. Lodge (1984). *Science for Social Scientists* (London, etc. : Macmillan).
- Leclerc, M., Y. Okubo, L. Frigoletto, and J.-F. Miquel (1992). 'Scientific co-operation between Canada and the European Community,' *Science and Public Policy* 19, 15-24.
- Lee, M. E. (1994). The Evolution of Technology: A Model of Socio-ecological Self-organization, in: Leydesdorff and Van den Besselaar (1994), pp. 139-51.
- Lesk, M. E. (1969). 'Word-Word Associations in Document Retrieval Systems,' *American Documentation* 20, 27-38.
- Lewison G., and P. Cunningham (1989). 'The Use of Bibliometrics in the Evaluation of Community Biotechnology Programmes.' In: Van Raan *et al.* (1989), pp. 99-114.
- Lewison G., and P. Cunningham (1991). 'Bibliometric Studies for the Evaluation of Trans-National Research,' *Scientometrics* 21, 223-44.
- Leydesdorff, L. (1986). 'The Development of Frames of References,' *Scientometrics* 9, 103-25.
- Leydesdorff, L. (1987). 'Various methods for the Mapping of Science,' *Scientometrics* 11, 291-320.
- Leydesdorff, L. (1988). 'Problems with the 'measurement' of national scientific performance,' *Science and Public Policy* 15, 149-52.
- Leydesdorff, L. (1989a). 'The Relations Between Qualitative Theory and Sci-

- entometric Methods in S&T Studies. Introduction to the Topical Issue,' *Scientometrics* 15, 333-47.
- Leydesdorff, L. (1989b). 'Words and Co-Words as Indicators of Intellectual Organization,' *Research Policy* 18, 209-23.
- Leydesdorff, L. (1989c). 'Some Methodological Guidelines for the Interpretation of Scientometric Mappings,' *R & D Evaluation Newsletter*, 2, 4-7.
- Leydesdorff, L. (1989d). 'The Science Citation Index and the Measurement of National Performance in Terms of Numbers of Publications,' *Scientometrics* 17, 111-20.
- Leydesdorff, L. (1990a). 'The Scientometrics Challenge to Science Studies,' *EASST Newsletter* 9, 5-11.
- Leydesdorff, L. (1990b). 'Relations Among Science Indicators I. The Static Model,' *Scientometrics* 18, 281-307.
- Leydesdorff, L. (1990c). 'Relations Among Science Indicators II. The Dynamics of Science,' *Scientometrics* 19, 271-96.
- Leydesdorff, L. (1990d). 'The Prediction of Science Indicators Using Information Theory,' *Scientometrics* 19, 297-324.
- Leydesdorff, L. (1991a). 'In Search of Epistemic Networks,' *Social Studies of Science* 21, 75-110.
- Leydesdorff, L. (1991b). 'On the 'Scientometric Decline' of British Science. One Additional Graph in Reply to Ben Martin,' *Scientometrics* 20, 363-8.
- Leydesdorff, L. (1991c). 'The Static and Dynamic Analysis of Network Data Using Information Theory,' *Social Networks* 13, 301-45.
- Leydesdorff, L. (1992a). 'A Validation Study of "LEXIMAPPE",' *Scientometrics* 25, 295-312.
- Leydesdorff, L. (1992b). 'The Knowledge Content of Science and the Sociology of Scientific Knowledge,' *Journal for General Philosophy of Science* 23, 241-63.
- Leydesdorff, L. (1992c). 'Irreversibilities in Science and Technology Networks: An Empirical and Analytical Approach,' *Scientometrics* 24, 321-

57.

Leydesdorff, L. (1992d). 'Knowledge Representations, Bayesian Inferences, and Empirical Science Studies,' *Social Science Information* 31, 213-37.

Leydesdorff, L. (1992e). 'The Impact of EC Science Policies on the Transnational Publication System,' *Technology Analysis and Strategic Management* 4 (1992) 279-98.

Leydesdorff, L. (1993a). 'Is Society a Self-Organizing System?,' *Journal of Social and Evolutionary Systems* 16, 331-49.

Leydesdorff, L. (1993b). "'Structure Action' Contingencies and the Model of Parallel Processing,' *Journal for the Theory of Social Behaviour* 23, 47-77.

Leydesdorff, L. (1993c). 'The Impact of Citation Behaviour on Citation Structure.' In: Van Raan *et al.* (1993), pp. 289-300.

Leydesdorff, L. (1993d). 'Why the statement: 'Plasma-membrane transport is rate-limiting for its metabolism in rat-liver parenchymal cells' cannot meet the public,' *Public Understanding of Science* 2 (1993) 351-64.

Leydesdorff, L. (1994a). 'Exchange on the cognitive dimension as a problem for empirical research in science studies,' *Social Epistemology* 8, 91-107; 117-21.

Leydesdorff, L. (1994b). 'The Evolution of Communication Systems,' *Int. J. Systems Research and Information Science* 6, 219-30.

Leydesdorff, L. (1994c). 'Epilogue.' In: Leydesdorff & Van den Besselaar (1994), pp. 180-92.

Leydesdorff, L. (1994d). 'Uncertainty and the Communication of Time,' *Systems Research* 11, 31-51.

Leydesdorff, L. (1996). 'The Possibility of A Mathematical Sociology of Scientific Communication,' *Journal for General Philosophy of Science* 27, 243-65.

Leydesdorff, L. (1998). 'Theories of Citation?,' *Scientometrics* 43, 5-25.

Leydesdorff, L., and R. Zaaij (1988). 'Co-Words and Citations. Relations Be-

- tween Document Sets and Environments.' In: Egghe and Rousseau (1988), pp. 105-119.
- Leydesdorff, L., J. Irvine, and A. F. J. Van Raan (Eds.) (1989). 'The Relations Between Qualitative Theory and Scientometric Methods in Science and Technology Studies,' *Scientometrics. Theme Issue* 15, 333-631.
- Leydesdorff, L., and O. Amsterdamska (1990). 'Dimensions of Citation Analysis,' *Science, Technology and Human Values* 15, 305-35.
- Leydesdorff, L., and S. E. Cozzens (1993). 'The Delineation of Specialties in Terms of Journals Using the Dynamic Journal Set of the Science Citation Index,' *Scientometrics* 26, 133-54.
- Leydesdorff, L. and P. Van den Besselaar (Eds.) (1994). *Evolutionary Economics and Chaos Theory: New Directions in Technology Studies* (London and New York: Pinter).
- Leydesdorff, L. and P. Van den Besselaar, 'Technological Development and Factor Substitution in a Non-linear Model,' *Journal of Social and Evolutionary Systems* 21(2) ([1998] 2000) 173-192.
- Leydesdorff, L. and P. Wouters (1999). Between Texts and Contexts: Advances in Theories of Citation? *Scientometrics* 44 (2), 169-182.
- Luhmann, N. (1984). *Soziale Systeme. Grundriss einer allgemeinen Theorie* (Frankfurt a. M.: Suhrkamp).
- Luhmann, N. (1990). *Die Wissenschaft der Gesellschaft* (Frankfurt a. M.: Suhrkamp).
- Lyotard, J.-F. (1979). *La condition postmoderne: rapport sur le savoir* (Paris: Editions de Minuit).
- Luukkonen, T., O. Persson, and G. Sivertsen (1992). 'Understanding Patterns of International Scientific Collaboration,' *Science, Technology and Human Values* 17, 101-26.
- MacKay, D. M. (1969). *Information, Mechanism and Meaning* (Cambridge and London: MIT Press).
- Maines, D. (Ed.) (1991). *Social Organization and Social Process: Essays in*



- Honor of Anselm L. Strauss (Haythorne, NY: Aldine de Gruyter).
- Mandelbrot, B. (1968). 'Information Theory and Psycholinguistics: A Theory of Word Frequencies.' In: P. F. Lazarsfeld and N. W. Henry (Eds.), *Readings in Mathematical Social Science* (Cambridge, Mass.: MIT Press), pp. 350-70.
- Marshakova, I. V. (1973). Bibliographic coupling system based on references (Science Citation Index), *Nauch-Tekhn. Inform. Ser. 2 SSR* 2, 3-8.
- Martin, B. R. (1991). 'The Bibliometric Assessment of UK Scientific Performance-A Reply to Braun, Glönz and Schubert,' *Scientometrics* 20, 333-57.
- Martin, B. R. (1994). 'British Science in the 1980s--Has the Relative Decline Continued?' *Scientometrics* 29, 27-57.
- Martin, B., and J. Irvine (1983). 'Assessing Basic Research: Some Partial Indicators of Scientific Progress in Radio Astronomy,' *Research Policy* 12, 61-90.
- Maruyama, M. (1963). 'The Second Cybernetics: Deviation-Amplifying Mutual Causal Processes,' *American Scientist* 51, 164-79.
- Marx, Karl (1867). *Das Kapital I* (Hamburg: Meisner).
- Maturana, H. R. (1978). 'Biology of language: the epistemology of reality.' In: G. A. Miller and E. Lenneberg (Eds.), *Psychology and Biology of Language and Thought. Essays in Honor of Eric Lenneberg* (New York: Academic Press), pp. 27-63.
- Maturana, H. R., and F. Varela (1980). *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living* (Boston: Reidel).
- Maturana, H. R., and F. J. Varela (1988). *The Tree of Knowledge* (Boston: New Science Library).
- McRoberts, M. H., and B. R. McRoberts (1987). 'Another test of the normative theory of citing,' *Journal of the American Society for Information Science* 16, 151-72.
- Moed, H. F. (1988). 'The Use of On-line Databases for Bibliometric Analy-

- sis.' In: Egghe and Rousseau (1988), pp. 133-46.
- Moed, H. F., W. J. M. Burger, J. G. Frankfort, and A. F. J. Van Raan (1985). 'The Use of Bibliometric Data for the Measurement of University Research Performance,' *Research Policy* 14, 131-49.
- Mulkay, M., J. Potter, and S. Yearley (1983). 'Why an Analysis of Scientific Discourse is Needed.' In: Knorr and Mulkay (1983), pp. 171-204.
- Mullins, N. C., L. L. Hargens, P. K. Hecht, and E. L. Kick (1977). 'Group Structure of Cocitation Clusters: A Comparative Study,' *American Sociological Review* 42, 552-62.
- Mullins, N., W. Snizek, and K. Oehler (1988). 'The Structural Analysis of a Scientific Paper.' In: Van Raan (1988), pp. 81-106.
- Narin, F. (1976). *Evaluative Bibliometrics* (Cherry Hill, NJ: Computer Horizons, Inc.).
- Narin, F., and M. P. Carpenter (1975). 'National Publication and Citation Comparisons,' *Journal of the American Society of Information Science*, 26, 80-93.
- Narin, F., and E. S. Whitlow (1990). *Measurement of Scientific Cooperation and Coauthorship in CEC-related areas of science* (Brussels/ Luxembourg: Commission of the European Communities).
- Narin, F., K. Stevens, and E. S. Whitlow (1991). 'Scientific Cooperation in Europe and the Citation of Multinationally Authored Papers,' *Scientometrics* 21, 313-24.
- Nederhof, A. J. and H. F. Moed (1993). 'Modeling Multinational Publication: Development of an On-line Fractionation Approach to Measure National Scientific Output,' *Scientometrics* 27, 39-52.
- Nelson, R. R. (1994). 'Economic Growth via the Coevolution of Technology and Institutions.' In: Leydesdorff and Van den Besselaar (1994), pp. 21-32.
- Nelson, R. R., and S. G. Winter (1977). 'In Search of Useful Theory of Innovation,' *Research Policy* 6, 35-76.

- Nelson, R. R., and S. G. Winter (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change* (Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press).
- Nie, N. H., C. Hadlai Hull, J. G. Jenkins, K. Steinbrenner, and D. H. Bunn (Eds.) (1975). *SPSS, Statistical Package for the Social Sciences* (New York, etc.: McGraw Hill).
- Noma, E. (1982). 'An Improved Method for Analyzing Square Symmetric Transaction Matrices,' *Scientometrics* 4, 297-316.
- Norusis, N. M. J. (1986). *SPSS-PC + Advanced Statistics* (Chicago: SPSS Inc.).
- Parsons, T. (1950). 'Psychoanalysis and the Theory of Social Structure,' *Psycho-analytic Quarterly*, July.
- Parsons, T. S. (1951). *The Social System* (New York: The Free Press of Glencoe).
- Pattee H. H. (Ed.) (1973). *Hierarchy Theory: The Challenge of Complex Systems* (New York: George Braziller).
- Pavitt, K. (1984). 'Sectoral patterns of technical change: towards a theory and a taxonomy,' *Research Policy* 13, 343-73.
- Pearl, J. (1988). *Probabilistic Reasoning and Artificial Intelligence: Networks of Plausible Inference* (San Mateo, Cal.: Morgan Kaufman).
- Pendlebury, D. (1989). 'Co-authorship between US and Canada scientists rise sharply in the 1980s,' *The Scientist* 3(6), 12.
- Phillips, D. L. (1973a). *Abandoning Method* (San Francisco/London: Jossey-Bass).
- Phillips, L. D. (1973b). *Bayesian Statistics for Social Scientists* (London, etc.: Nelson).
- Pickering, A. (Ed.) (1992). *Science as Practice and Culture* (Chicago: University of Chicago Press).
- Pinch, T. J. (1982). 'Kuhn-- The Conservative and Radical Interpretations. Are Some Mertonians 'Kuhnians' and Some 'Kuhnians' Mertonians?' So-

- ciety for the Social Studies of Science* 7, 10-25.
- Pinch, T. J. (1985). 'Towards an Analysis of Scientific Observation: The Externality and Evidential Significance of Observational Reports in Physics,' *Social Studies of Science* 15, 3-36.
- Pinch, T. J., and W. E. Bijker (1984). 'The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other,' *Social Studies of Science* 14 (1984) 399-442.
- Price, D. J. de Solla (1965a). 'Networks of Scientific Papers,' *Science* 149, 510-15.
- Price, D. J. de Solla (1965b). *Little Science, Big Science* (New York: Columbia University Press).
- Price, D. J. de Solla (1981). 'The Analysis of Square Matrices of Scientometric Transactions,' *Scientometrics* 3, 55-63.
- Prigogine, I., and I. Stengers (1979). *La nouvelle alliance* (Paris: Gallimard); English translation: *Order out of Chaos* (New York: Bantani, 1984).
- Quine, W. V. O. (1953). *From a Logical Point of View* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press).
- Quine, W. V. O. (1962). 'Carnap and logical truth.' In: *Logic and Language: Studies Dedicated to Professor Rudolf Carnap on the occasion of his seventieth birthday* (Dordrecht: Reidel).
- Rice, R. E., C. L. Borgman, D. Bednarski, and P. J. Hart (1989). 'Journal-to-Journal Citation Data: Issues of Validity and Reliability,' *Scientometrics* 15, 257-82.
- Rip, A., and J.-P. Courtial (1984). 'Co-word Maps of Biotechnology: An Example of Cognitive Scientometrics,' *Scientometrics* 6, 381-400.
- Rorty, R. (1979). *Philosophy and the Mirror of Nature* (Princeton, NJ: Princeton University Press).
- Rosenberg, N. (1976). 'The direction of technological change: inducement mechanisms and focusing devices.' In: *Perspectives on Technology* (Cam-

- bridge, etc. : Cambridge University Press), pp. 108-25.
- Rumelhart, D. E. , J. L. McClelland, and the PDP Research Group (1986). *Parallel Distributed Processing* Vol. I (Cambridge, MA/ London: MIT Press).
- Sahal, D. (1981). *Patterns of Technological Innovation*. (Reading, Mass. : Addison Wesley).
- Salton, G. (1970). 'Automatic Text Analysis,' *Science* 168, 335-43.
- Salton, G. , and M. J. McGill (1983). *Introduction to Modern Information Retrieval* (Auckland, etc. : McGraw-Hill).
- Saviotti, P. P. (1988). 'Information, variety and entropy in technoeconomic development,' *Research Policy* 17, 89-103.
- Saviotti, P. P. , and J. S. Metcalfe (1984). 'A theoretical approach to the construction of technological output indicators,' *Research Policy* 13, 141-51.
- Schmookler, J. (1962). 'Economic Sources of Inventive Activity,' *The Journal of Economic History* 22, pp. 1-20.
- Schott, T. (1991). 'The World Scientific Community: Globality and Globalisation,' *Minerva* 29, 440-62.
- Schubert, A. , W. Glänzel, and T. Braun (1989). 'Scientometric Datafiles. A Comprehensive Set of Indicators on 2649 Journals and 96 Countries in All Major Science Fields and Subfields 1981-1985,' *Scientometrics* 16, 3-478.
- Schubert, A. , and T. Braun (1990). 'International Collaboration in the Sciences,' *Scientometrics* 19, 3-10.
- Shannon, C. E. (1948a). 'A Mathematical Theory of Communication I,' *Bell System Technical Journal* 27, 379-423.
- Shannon, C. E. (1948b). 'A Mathematical Theory of Communication II,' *Bell System Technical Journal* 27, 623-56.
- Shannon, C. E. , and W. Weaver (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press.
- Shinn, T. (1982). 'Scientific Disciplines and Organizational Specificity: The Social and Cognitive Configuration of Laboratory Activities.' In: Elias *et*

- al.* (1982), pp. 239-64.
- Shinn, T. (1987). 'Géometrie et langage: la structure des modèles en sciences sociales et en sciences physiques,' *Bulletin de Methodologie Sociologique* 1 (nr. 16), 5-38.
- Shinn, T. (1988). 'Hiérarchie des chercheur et formes des recherches,' *Actes de la recherche en sciences sociales* 74 (1988) 2-22.
- Shrum, W. (1985). *Organized Technology: Networks and Innovation in Technical Systems* (West Lafayette, Indiana: Purdue University Press).
- Silverberg, G. (1988). 'Modelling economic dynamics and technical change: mathematical approaches to self-organisation and evolution.' In: Dosi *et al.* (1988), pp. 531-59.
- Simon, H. A. 1969. *The Sciences of the Artificial* (Cambridge, MA/ London: MIT Press).
- Simon, H. A. 1973. 'The Organization of Complex Systems.' In: Pattee (1973), pp. 1-27.
- Slezak, P. (1989). 'Computer Discovery and the Strong Programme,' *Social Studies of Science* 19, 562-600.
- Small, H., and B. Griffith (1974). 'The Structure of the Scientific Literature I,' *Science Studies* 4, 17-40.
- Small, H., and E. Sweeney (1985). 'Clustering the Science Citation Index Using Co-Citations I. A Comparison of Methods,' *Scientometrics* 7, 391-409.
- Small, H., E. Sweeney, and E. Greenlee (1985). 'Clustering the Science Citation Index Using Co-Citations II. Mapping Science,' *Scientometrics* 8, 321-40.
- Smolensky, P. (1986). 'Information Processing in Dynamical Systems: Foundation of Harmony Theory.' In: Rumelhart *et al.* (1986), Vol. I, pp. 194-281.
- Spiegel-Rösing, I. (1973). *Wissenschaftsentwicklung und Wissenschaftssteuerung* (Frankfurt a.M.: Athenaeum Verlag).
- Spiegel-Rösing, I., and D. de Solla Price (Eds.) (1977). *Science, Technology*

- and Society. A Cross-Disciplinary Perspective* (London/Beverly Hills: Sage).
- Studer, K. E., and D. E. Chubin (1980). *The Cancer Mission. Social Contexts of Biomedical Research* (Beverly Hills, etc.: Sage).
- Swanson, D. R. (1990). 'Medical Literature as a Potential Source of New Knowledge,' *Bull. Med. Libr. Assoc.* 78, 29-37.
- Swenson, R. (1989). 'Emergent Attractors and the Law of Maximum Entropy Production: Foundations to a Theory of General Evolution,' *Systems Research* 6, 187-97.
- Teubner, G. (1987). 'Hyperzyklus in Recht und Organisation. Zum Verhältnis von Selbstbeobachtung, Selbstkonstitution und Autopoiese.' In: H. Haferkamp and M. Schmidt (Eds.), *Sinn, Kommunikation und soziale Differenzierung*. (Frankfurt a.M.: Suhrkamp), pp. 89-128.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual Revolutions* (Princeton, NJ: Princeton University Press).
- Theil, H. (1966). *Applied Economic Forecasting* (Amsterdam: North-Holland).
- Theil, H. (1972). *Statistical Decomposition Analysis* (Amsterdam/ London: North-Holland).
- Tijssen, R. J. W. (1992). *Cartography of Science: scientometric mapping with multidimensional scaling methods*. Leiden: DSWO Press, Leiden University.
- Tijssen, R. (1993). 'A Scientometric Cognitive Study of Neural Network Research: Expert Mental Maps Versus Bibliometric Maps,' *Scientometrics* 28, 111-36.
- Tijssen, R., J. de Leeuw, and A. F. J. Van Raan (1987). 'Quasi-Correspondence Analysis on Square Scientometric Transaction Matrices,' *Scientometrics* 11, 347-61.
- Todorov, R., and W. Glänzel (1988). 'Journal citation measures: a concise review,' *Journal of Information Science* 4, 47-56.

- Tryon, R. C., and D. E. Bailey (1970). *Cluster Analysis* (New York: McGraw-Hill).
- Tweney, R. D. (1992). 'Serial and Parallel Processing in Scientific Discovery.' In: R. Giere (1992), pp. 77-88.
- Van den Belt, H., and A. Rip (1987). 'The Nelson-Winter-Dosi model and synthetic dye chemistry.' In: Bijker *et al.* (1987), pp. 135-58.
- Van Raan, A. F. J. (Ed.) (1988). *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology* (Amsterdam: Elsevier).
- Van Raan, A. F. J. (1991). 'Fractal Geometry of Information Space as Represented by Co-Citation Clustering,' *Scientometrics* 20, 439-49.
- Van Raan, A. F. J., R. E. de Bruin, H. F. Moed, A. J. Nederhof and R. W. J. Tijssen (Eds.), (1993). *Science and Technology in a Policy Context*. Leiden: DSWO Press, Leiden University.
- Van Steijn, F. (1990). *The Universities in Society. A Study of Part-Time Professors in the Netherlands* (Amsterdam: Unpublished PhD Thesis, Department of Science Dynamics).
- Weaver, W. (1949). 'Some Recent Contributions to the Mathematical Theory of Communication.' In: Shannon and Weaver (1949), pp. 93-117.
- Weber, M. (1904). 'Die 'Objektivität' sozialwissenschaftlicher und sozialpolitischer Erkenntnis.' In: Weber (<sup>3</sup>1968), pp. 146-214.
- Weber, M. (1917). 'Der Sinn der 'Wertfreiheit' der soziologischen und ökonomischen Wissenschaften.' In: Weber (<sup>3</sup>1968), pp. 489-540.
- Weber, M. (<sup>3</sup>1968). *Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre* (Tübingen: Mohr).
- Weyer, J. (1989). "'Reden über Technik' als Strategie sozialer Innovation. Zur Genese und Dynamik von Technik am Beispiel der Raumfahrt in der Bundesrepublik.' In: Glasgow *et al.* (1989), pp. 81-114.
- Whitley, R. D. (1972). 'Black Boxism and the Sociology of Science.' In: Halmos (1972), pp. 61-92.
- Whitley, R. D. (1984). *The Intellectual and Social Organization of the Sci-*



- ences (Oxford: Oxford University Press).
- Whitley, R. D. (1988). 'Wissenschaftswissenschaft in Grossbritannien.' In: Burrichter and Lauterbach (1988), pp. 41-57.
- Whittaker, J. (1989). 'Keywords Versus Titles as Data for Co-Word Analysis,' *Social Studies of Science* 19, 473-96.
- Winner, L. (1977). *Autonomous Technology: Technics out of Control as a Theme in Political Thought* (Cambridge: MIT Press).
- Wishart, D. (1978). *CLUSTAN, User Manual* (Edinburgh: Program Library Unit).
- Woolgar, S. (1988). *Science. The very idea* (Beverly Hills/London, etc.: Sage).
- Woolgar, S. (1991). 'Beyond the citation debate: towards a sociology of measurement technologies and their use in science policy,' *Science and Public Policy* 18, 319-26.
- Wouters, P. (1999). *The Citation Culture*. Ph. D. Thesis, University of Amsterdam.
- Zaal, R. (1988). *A Quantitative Approach to the Semantic Organization of Text* (Amsterdam: Unpublished M. Sc. Thesis, University of Amsterdam).

## 译名对照

- A
- B
- 贝叶斯的 (Bayesian) 5, 9, 10, 209,  
233, 234, 236, 241-248, 250
- 编码 (codification) 6, 54, 55, 61, 76,  
89, 90, 111, 141, 209, 248, 257,  
277, 282, 284
- 编组 (grouping) 238
- 边界 (boundaries) 2, 47, 54, 179, 194,  
197-201, 227, 231, 272
- 表象 (representation) 29, 32, 40, 49,  
50, 55, 69, 73, 84, 91, 93-95, 123,  
193, 223, 233, 239, 242, 248, 250,  
251, 270, 272, 273, 278, 280-281
- 不对称, 不对称性 (asymmetry) 7, 8,  
26, 31, 48, 104, 160-162, 175, 239,  
240, 245
- 不可逆性 (irreversibility) 5, 10, 169,  
179, 180, 187, 191, 208, 268
- C
- 操作化 (operationalization) 24, 46,  
49, 75, 89, 107, 120, 160, 180,  
210, 253, 258
- 层级的 (hierarchical) 19, 197, 256,  
280
- 场景 (scenario) 191, 195, 203
- 创新 (innovation) 197, 198, 200, 203,  
208
- 纲领性的 (programmatic) 26, 27,  
275, 280, 281
- 重构 (reconstruction) 6, 8, 9, 15, 22,  
38, 50, 94, 95, 97, 105, 122, 145,  
169, 179, 207, 249, 262, 263, 266,  
270-273, 278-281
- 词典 (lexicon) 54, 58, 62, 72, 91
- D
- 低层次 (lower-level) 18, 29, 97, 117,  
170, 197, 211, 219, 227, 260, 262,  
263, 279
- 递归的 (recursive) 257, 258, 277
- 递归性 (recursivity) 243, 244, 257,  
258, 273
- 动力学 (dynamics) 2, 35, 91, 99, 122,  
164, 166, 167, 170, 176, 191, 192,  
197, 201-204, 211, 226, 231, 267,  
268, 274

- 动态过程 (dynamics) 20, 57, 167, 179, 200, 202
- 多变量 (multi-variate) 5, 10, 58, 90, 94, 97, 98, 103, 125, 129, 146, 147, 149, 152, 164, 167, 170, 171, 173-178, 193, 207, 220, 224, 229, 261, 269, 274
- 多维的 (multi-dimensional) 3, 4, 6, 8, 15, 17, 21, 31, 44-46, 50, 51, 152, 167, 168, 204, 219, 257, 269, 280
- 正交的 (orthogonal) 21, 201, 264-267, 284
- E
- 二级 (second-order) 5, 48, 95, 268
- F
- 发送者 (sender) 55, 123, 135, 137-139, 142, 170, 183, 265
- 范式 (paradigm) 2, 6, 15, 40, 42, 46, 47, 54, 96, 179, 202, 243, 264, 268-274, 278, 284
- 方法论的 (methodological) 2, 4, 6, 7, 8, 10, 21, 25, 26, 28-31, 38, 39, 41, 44, 51, 57, 75, 77, 78, 86, 87, 98, 99, 104, 121, 179, 207, 213, 267, 275
- 非参数 (non-parametric) 5, 97, 98, 172, 223
- 分化 (differentiation) 31, 32, 49, 79, 164, 260, 271, 272, 276-282, 285
- 分解 (disaggregation) 5, 6, 9, 29, 59, 95, 96, 97, 98, 120, 129, 131, 132, 133, 146, 152, 159, 166, 193, 212, 227, 230, 243, 244, 251, 260
- 符号学的 (semiotic) 29, 53, 253, 279
- G
- 概率的 (probabilistic) 9, 92, 99, 152, 198, 206, 209, 211, 255, 257-259, 263, 264, 267, 268, 272, 273, 284, 285
- 高阶 (higher-order) 57, 172, 201, 202, 219, 239, 262, 263, 272, 284
- 共变 (co-variation) 7, 10, 18, 32, 36, 37, 94, 163, 201, 204, 208, 219, 236, 259, 262, 264, 265
- 共词 (co-word) 4, 5, 29-31, 47, 53-55, 57-59, 61, 90, 92-94, 279, 280
- 共同体 (community) 3, 19, 21-24, 44, 50, 80, 98, 228
- 共同进化 (co-evolution) 197, 198, 201, 204, 208, 268
- 共现 (co-occurrence) 9, 30, 31, 52-55, 58, 59, 75, 89, 91, 144, 257, 267, 284
- 归一化 (normaization) 88, 133-137, 154, 157, 165, 174, 185, 247
- H
- 合著 (co-authorship) 80, 84, 123, 134, 211-213, 218, 220, 223-231
- 后现代 (post-modern) 31, 34, 42, 50, 253, 269, 286

- 话语 (discourse) 8, 17, 20, 26, 27, 29, 31, 33, 39, 40, 51, 194, 202, 253, 269, 271, 278, 281-285
- 还原 (reduction) 22
- I
- J
- 绩效 (performance) 17, 19, 45, 210
- 积分 (calculus) 5, 9, 92, 98, 153
- 集总 (aggregation) 3, 5, 9, 10, 16-19, 23, 27, 29, 34, 35, 45, 55-61, 66, 67, 69, 72, 75, 91, 92, 95, 96, 98, 103, 105, 108, 111, 114, 115, 117, 121, 123, 125, 135, 137, 144, 146, 152, 154, 158, 159, 164, 177, 178, 207, 208, 210-212, 221, 230, 238, 243, 246, 260, 262, 269, 273, 276
- 集成 (integration) 270, 276, 277
- 假说 (hypothesis) 37, 40, 43, 48, 50, 53, 99, 121, 126, 158, 159, 193, 222, 223, 225, 226, 230, 231, 233, 241-243, 245-248, 251, 262, 263, 267, 271, 272, 274, 281
- 接收者 (receiver) 55, 123, 128, 170, 183
- 节点 (node) 10, 17, 36, 58, 89-91, 154, 235, 257, 273, 283
- 进化 (evolution) 32, 99, 194, 197, 198, 201, 204, 208, 259, 260, 268, 278
- 进化的 (evolutionary) 40
- 进路 (approach) 2, 3, 8, 10, 15, 17, 20, 35, 46-49, 51, 53, 54, 111, 121, 159, 177, 180, 194, 196, 202, 204, 208, 242, 244, 245, 248, 279
- 矩阵 (matrix) 54, 58, 59, 66, 67, 86, 88, 89, 107, 126, 130-132, 135, 146, 147, 149, 150, 154, 156-161, 163-166, 168-170, 174, 175, 181, 183, 185, 189-192, 200, 237-241, 260, 261, 263, 264
- 聚类 (cluster) 55, 57, 67-72, 75, 86, 87, 91, 94, 97, 146, 149-156, 158-160, 165, 175, 178, 262, 263
- K
- 控制论 (cybernetics) 279
- 框架 (frame) 2, 3, 9, 19, 24, 26, 30, 33, 42, 44-47, 51, 90, 146, 159, 160, 176, 177, 209, 211, 244, 246, 249, 257, 265
- 奎因-迪昂 (Quine-Duhem) 36, 48, 243-245, 248, 249
- L
- 链接 (link) 10, 36, 58, 89-91, 181-185, 187-192, 195, 196
- 路径 (path) 10, 77, 124, 137-142, 169, 170, 184, 187, 189, 191-194, 196, 198, 200, 201, 203, 208, 228-231, 237, 249, 268, 271
- 路径依赖 (path-dependent) 10, 169, 184, 187, 189, 191-194, 196, 198

- 200, 201, 203, 208, 228-231, 237,  
249, 268, 271
- M
- 马尔科夫 (Markov) 170, 174, 187,  
189, 190, 192, 198, 208, 219, 225,  
237
- 模式 (pattern) 2, 15, 20, 31, 33, 39,  
53, 79, 89, 90, 92, 111, 134, 135,  
140, 142, 146, 149-151, 154-159,  
161, 163-169, 176, 186, 193, 202,  
223, 226-228, 239, 243, 249, 259,  
262, 282
- 目标 (objective) 3, 8, 16, 31, 39-41,  
43, 46, 48, 54, 78, 95, 99, 185, 248
- N
- 内容无涉的 (content-free) 5, 94, 95,  
98, 105, 258, 266, 267
- O
- P
- 判别式 (discriminant) 77
- 譬喻 (metaphor) 48, 58, 202, 203
- Q
- 期望 (expectation) 6, 35, 40, 59, 61,  
95, 98, 103, 104, 107, 122-126,  
128-134, 136-138, 142, 144, 145,  
149, 150, 152, 153, 165, 166, 170,  
174, 175, 183, 184, 186-190, 194,  
195, 207, 208, 219, 221, 222, 234-  
236, 239, 242, 246, 252, 255, 258,  
259, 262-268, 271, 273, 276-278,  
281-285
- 期刊 (journal) 1, 3, 18, 22, 24, 44, 51,  
53, 57, 77, 96, 126, 138, 144, 146,  
147, 149-151, 155, 157, 158, 160-  
162, 166-170, 237-241, 262, 263,  
267
- 强纲领 (strong-program) 22, 26, 276
- 情境 (context) 2, 6, 7, 15, 19, 21, 24,  
29, 32-35, 45, 47, 48, 52, 55-58,  
89, 93, 114, 131, 132, 146, 179,  
202, 204, 208, 226, 241, 242, 264,  
267-269, 272, 274, 278, 279
- R
- 人工的 (artificial) 10, 54, 78, 91, 123,  
144, 233, 242, 244, 247, 249, 250
- 认识论的 (epistemological) 3, 21, 22,  
25, 31, 32, 36-39, 42, 43, 46, 58,  
90, 104, 121, 258, 285
- 认识, 认知 (cognition) 3, 6, 7, 8, 17-  
25, 27, 28, 30-41, 45-50, 61, 75,  
91, 204, 241, 242, 263, 264, 272-  
274, 276-282
- 冗余 (redundancy) 233, 247, 251,  
255, 256
- S
- 社会-认知的 (socio-cognitive) 6, 7,  
21, 25, 31, 32, 264, 274, 276, 278,  
279, 281, 282
- 社会学 (sociology) 5, 6, 8, 10, 11, 13,  
15, 17, 20-22, 24, 26-32, 34-36,

- 53, 137, 177, 184, 187, 208, 209,  
247, 253, 254, 258, 266-269, 273-  
277, 279, 283, 285  
生物学(biology) 10, 79, 85  
数据库(database) 16, 17, 51, 53, 54,  
78, 85, 91, 105, 121, 145, 211,  
212, 218, 249  
算法(algorithm) 5, 9, 67, 69, 94, 97,  
146, 150, 175, 191, 209, 243, 249,  
262, 280, 285  
算法的(algorithmic) 202, 269, 284-  
286  
锁定(lock-in) 198, 200, 201, 228,  
229, 231  
T  
挑战(challenge) 1, 3, 33, 248, 269,  
283, 285  
同质的(homogeneous) 28, 153  
通量(flux) 202, 269  
突现(emergence) 10, 32, 38, 47, 48,  
67, 125, 130-135, 179, 189-194,  
196, 201, 208, 210, 211, 226-228,  
250, 251, 268, 275, 276  
图形(graph) 55, 67, 69, 73, 94, 138,  
139, 141, 142, 150, 161, 165, 168,  
181, 183, 223, 169, 280  
推论(inference) 1, 19, 21, 22, 31, 94,  
202, 276, 284, 285  
U  
V  
W  
文献(document) 8, 15, 17-21, 26, 44,  
47, 50, 53-55, 57-59, 61, 67, 72,  
75, 77, 81, 86, 88-91, 93, 96, 98,  
104, 106, 114, 117, 135, 209, 239,  
250  
文献计量学(bibliometrics) 15-17, 19,  
20, 31, 152, 211  
X  
显著性(significance) 210, 227  
新约定论者(neo-conventionalist) 8  
信号(signal) 79, 91, 92, 131, 137,  
139, 140, 170, 184, 186, 187, 200,  
201, 255, 259, 280  
行动者(actor) 7, 8, 10, 18, 20, 23,  
27, 28, 29, 32, 43, 49, 53, 55, 58,  
178, 180, 181, 184, 195, 235, 237,  
251, 257, 264-266, 270, 272, 273,  
275, 276, 278-283  
行动者网络(actor-network) 8, 10,  
17, 28-31, 55, 180, 196, 253, 279  
行为(behavior) 6-10, 19, 20, 26, 29,  
31, 169, 170, 178, 185, 193, 202,  
218, 219, 228, 230, 231, 239, 241,  
249, 261, 265, 285  
修正(revision) 125, 131, 137-142,  
169, 170, 223  
学科间的(interdisciplinary) 1, 45, 46,  
49, 104, 121, 156, 158, 286  
选择(selection) 2, 7, 22, 26, 32, 40,

- 46, 51, 78, 91, 94, 95, 106, 123,  
144, 152, 158, 177, 181, 197, 198,  
200, 202-204, 219, 237, 250, 257,  
259-262, 270-272, 274, 280, 285  
讯息 (message) 55, 103, 104, 122,  
124-126, 130, 131, 134, 142, 150,  
166, 183-187, 190, 242, 246, 255-  
257, 259, 265, 267, 269, 272, 280,  
282  
Y  
样本 (sample) 54, 59, 66, 67, 69, 78,  
80, 81, 84, 86, 88, 106, 107, 110,  
120, 121, 123, 132, 135, 136, 140,  
150, 152-155, 159, 169, 175, 178,  
188  
要求 (requirement) 9, 43, 95-98, 104,  
169, 172, 191, 204, 207, 271, 277,  
281  
异质的 (heterogeneous) 4, 18, 47, 50,  
55, 96, 153, 280  
异质性 (heterogeneity) 27, 28, 207,  
279  
优先性 (priority) 51  
语言学的 (linguistic) 19, 52  
约定论者 (conventionalist) 8  
引文 (citation) 16, 19, 34, 45, 47, 50,  
53, 57, 61, 80, 105, 121, 130, 144,  
147, 151, 156, 161, 167, 169, 171,  
211, 238, 239, 282  
因子 (factor) 67, 69, 72, 75, 77, 78,  
86-89, 150, 152, 153, 155-157,  
159, 160, 167, 168, 174, 175, 207,  
218, 235, 236, 240, 262  
影响 (impact) 7, 9, 10, 30, 45, 59, 88,  
91, 130, 135, 167, 177, 181, 194,  
198, 210, 218, 227, 228, 231, 235,  
236, 239, 242, 243, 246-250, 275  
Z  
噪声 (noise) 226, 230, 255, 259, 271  
增长 (growth) 15, 51, 167, 169, 196,  
213, 228, 229  
自参照的 (self-referential) 48, 177,  
198-200, 207, 209, 236, 247, 262,  
264, 266, 274, 275, 282  
自动放大 (auto-amplification) 188,  
195, 197, 208, 268  
自反的 (reflexive) 45, 94, 194, 253,  
255, 269, 281  
自反性 (reflexivity) 17, 31, 40-42,  
209, 256-258, 264, 266, 272, 273,  
275, 279, 281, 283, 284  
自组织 (self-organization) 1, 5, 11,  
48, 99, 195, 205, 209, 251, 260,  
262, 263, 269-274  
制度 (institution) 22, 35, 201, 202,  
204, 273  
专家 (expert) 105, 135, 144, 145,  
207, 244, 248, 249, 253  
准则 (criteria) 26, 40, 87, 94, 96-99,  
105, 144, 165, 179, 208, 248, 249,

---

257	152,153,175,227,246,251
中间 群组 (in-between-group) 23,	纵向(longitudinal)99,207



## 人名对照

### A

Abernathy(艾伯纳西)201,203  
Amsterdamska(阿姆斯特丹斯卡)  
16,19,30,45,58,61,79,80,280  
Andersen(安德森)285  
Anderson(安德森)211,213  
Arthur(亚瑟)98,191,196,198,200,  
203,228  
Attneave(阿特尼娃)104

### B

Bailey(贝利)67,254  
Bakker(巴克)248  
Bar-Hillel(巴-希勒尔)92,93,282  
Barnes(巴恩斯)35  
Bastide(巴斯泰德)57  
Bertsekas(伯茨卡斯)10  
Bijker(比吉克)198  
Blauwhof(布劳霍夫)203,285  
Bloor(布鲁尔)6,21,22,276,281  
Borgman(伯格曼)3  
Bradley(布雷德利)189  
Braun(布劳温)212,218  
Bray(布雷)69,77

Brillouin(布里洛因)256

Brown(布朗)82

Bruckner(布鲁克)197

Brunner(布伦纳)79,204

Burt(伯特)10,19,30,52,160,162,  
176,275

### C

Callon(卡龙)4,6,10,17,20,27-30,  
51,53,55,96,137,180,181,184,  
187,197,253,279,280

Carpenter(卡彭特)57,147,211,262

Chabris(查博里斯)249

Chen(陈)54

Chubin(查宾)3,16,17

Clark(克拉克)82,201,203

Cole(科尔)15

Collins(柯林斯)22,28,30,35,58,  
266,283

Courtial(科蒂亚尔)30,52,53,59,  
253,280

Cozzens(科曾斯)57,146,211,262

Crane(克兰)15,21,24

Cunningham(卡宁汉姆)213,218

- 
- D
- Doreian(多里安)147,262
- Dorling(多林)245,246
- Dosi(杜西)204,273
- Durkheim(迪尔凯姆)22
- E
- Eco(埃克)253,284
- Edge(埃奇)3,16
- Engelsman(恩格斯曼)59
- Everitt(埃弗里特)67
- F
- Fararo(法拉罗)147,262
- Faulkner(福克纳)202
- Feyerabend(费耶阿本德)39
- Findler(芬德勒)53
- Freeman(弗里曼)19,30,160
- Freud(弗洛伊德)42
- Fujimura(藤村)30
- G
- Garfield(加菲尔德)147,167
- Gellner(盖尔纳)37,38
- Georgescu-Roegen(杰奥尔杰-勒根)  
255,256
- Giddens(吉登斯)6,35,177,236,  
269,276
- Giere(吉尔)248
- Gilbert(吉尔伯特)61
- Glänzel(格兰茨)167
- Goldberger(戈德伯格)77
- Gooding(古丁)248
- Gouldner(古尔德纳)42
- Griffith(格里菲斯)15
- Guice(盖斯)31
- H
- Habermas(哈贝马斯)266
- Hanneman(汉尼曼)48
- Haraway(哈拉维)269
- Hayles(海勒斯)256,258
- Healey(希利)91
- Henderson(亨德森)22
- Hesse(赫塞)8,19,21,36,49,51-53,  
57,58,89,233,267,279
- Hicks(希克斯)283
- Hinton(欣顿)202,251,285
- Holmes(霍姆斯)20
- Holzner(霍曾)3
- Howson(豪森)233,267
- Hughes(休斯)201
- I
- Ijiri(艾吉里)54
- Irvine(欧文)16,211
- J
- Jasanoff(贾斯诺夫)2
- Jöreskog(约雷斯克格)77
- K
- Kim(金)67,69
- King(金)20
- Knorr-Cetina(克诺尔-谢廷娜)2,275
- Krackhardt(克拉克哈滋)23
- Kranakis(克拉纳克斯)53

- Krippendorff(克里彭多尔夫) 5, 98, 146, 154, 244, 267  
Kuhn(库恩) 15, 42, 54, 268-270, 284  
Küppers(库珀) 17  
L  
Lakatos(拉卡托斯) 7, 20, 22, 244, 271  
Langley(兰利) 54, 248  
Langton(兰顿) 202, 285  
Latour(拉都尔) 6, 17, 22, 28, 53, 55, 251, 279, 280  
Law(罗) 8, 28, 29, 37, 49, 51, 53, 58, 279  
Leclerc(莱克勒斯) 218  
Lee(李) 197  
Lesk(莱斯克) 54  
Lewison(列维森) 213, 218  
Lodge(洛奇) 37, 49, 51, 53, 58  
Luhmann(卢曼) 10, 32, 178, 198, 237, 247, 251, 257, 264, 266, 270, 273, 280  
Luukkonen(卢肯) 218  
Lyotard(莱昂塔德) 273  
M  
MacKay(麦凯) 255  
Mandelbrot(曼德布特) 4  
Martin(马丁) 16, 84, 212, 213  
Maruyama(丸山) 188, 197  
Marx(马克思) 42  
Maturana(马吐拉那) 11, 195, 237, 260, 265, 277, 279  
Maxwell(马克斯韦尔) 69, 77, 290  
McGill(麦吉尔) 54, 120  
Meek(米克) 189  
Metcalf(梅特卡夫) 197  
Moed(莫艾德) 16, 211, 213  
Mulkay(马尔凯) 2, 27, 32, 61, 253, 281  
Müller(穆勒) 69  
Mullins(穆林斯) 15, 16, 94  
N  
Narin(奈恩) 16, 57, 147, 167, 211, 218, 231, 262  
Nederhof(尼德霍夫) 213  
Nelson(奈尔逊) 197, 198, 201, 204  
Noma(诺马) 161  
Norusis(诺尔西斯) 67  
O  
P  
Parsons(帕森斯) 35, 42, 178  
Pattee(帕蒂) 197  
Pavitt(帕维特) 201, 202  
Pearl(珀尔) 10, 192, 233, 242-244  
Pendlebury(彭德尔布里) 218  
Phillips(飞利普) 42  
Pickering(皮克林) 265, 274  
Pinch(平奇) 6, 35, 198, 247, 253  
Price(普赖斯) 15, 147, 161  
Prigogine(普利高津) 10, 260

## Q

Quine(奎因)8,36,49,52

## R

Restivo(雷斯蒂夫)3

Rice(赖斯)147

Rip(李普)5,30,59,198,201

Rorty(罗蒂)269

Rosenberg(罗森伯格)198

Rumelhart(鲁姆哈特)10

## S

Sahal(萨哈尔)198

Salton(索尔顿)54,120

Saviotti(萨维奥蒂)197

Schmookler(舒莫克勒)198

Schott(肖特)218

Schubert(舒伯特)211,218

Senker(森克)202

Shannon(香农)5,10,92,98,104,  
233,236,254,255,258,259,262,  
273,281

Shinn(希恩)24,25,269

Shrum(施勒姆)201

Silverberg(西尔弗伯格)198

Simon(西蒙)32,54,251,277,279

Slezak(斯莱扎克)22,32,276

Small(斯莫尔)15,94,152

Smolensky(斯莫伦斯基)99,255

Spiegel-Rösing(施皮格尔-罗辛)2,17

Stengers(斯坦格爾)11,260

Studer(斯塔德)16

Swanson(斯旺森)99,250

Sweeney(斯威尼)152

Swenson(斯温森)11,99,255

## T

Teubner(托伊布纳)279

Thagard(塞加德)248

Theil(泰尔)5,98,104,115,117,  
124,146,164,165,184,189,197,  
246,264,267

Tijssen(蒂吉森)147,162,211,262

Todorov(托德洛夫)167

Tryon(特赖恩)67

Tsitsiklis(齐钦克里斯)10

Tweney(特温尼)248

## U

Urbach(乌尔巴赫)233,241,267

## V

Varela(巴雷拉)11,260,279

## W

Weaver(韦弗)255

Weber(韦伯)41,43,44

Weyer(韦尔)198

Whitley(惠特利)21-25,44

Whitlow(惠特洛)218

Whittaker(惠特克)30

Williams(威廉姆斯)29

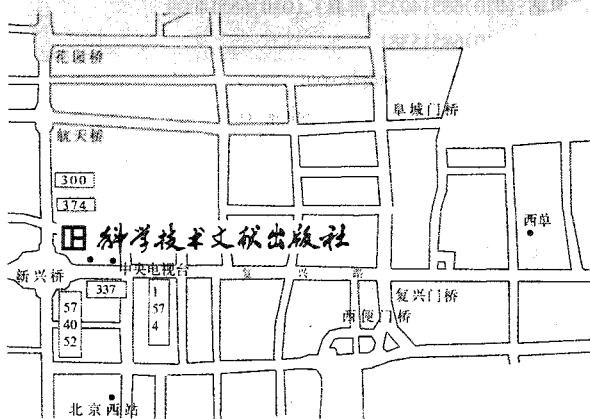
Winner(温纳)198

Winter(温特)197,198,201,204

Wishart(威沙特)67

Woolgar(伍尔加)3,16,17,27,31,

265,283	Yearley(耶尔列)22,28,30,266,283
X	Z
Y	Zaal(扎尔)59,67,150



科学技术文献出版社方位示意图

**图书在版编目(CIP)数据**

科学计量学的挑战/(荷)洛埃特·雷迭斯多夫著;乌云等译.-北京:科学技术文献出版社,2003.3

(当代情报学(信息管理)前沿丛书)

ISBN 7-5023-4212-5

I. 科… II. ①洛… ②乌… III. 科学计量学 IV. G301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 104445 号

**出 版 者:**科学技术文献出版社

**地 址:**北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038

**图书编务部电话:**(010)68514027,(010)68537104(传真)

**图书发行部电话:**(010)68514035(传真),(010)68514009

**邮 购 部 电 话:**(010)68515381

**网 址:**<http://www.stdph.com>

**E-mail:**stdph@istic.ac.cn;stdph@public.sti.ac.cn

**策 划 编 辑:**宋振峰 张述庆

**责 任 编 辑:**张述庆

**责 任 校 对:**赵文珍

**责 任 出 版:**王芳妮

**发 行 者:**科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

**印 刷 者:**三河市富华印刷包装有限公司

**版 ( 印 ) 次:**2003 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

**开 本:**850×1168 32 开

**字 数:**282 千

**印 张:**11.25

**印 数:**1~4000 册

**定 价:**22.00 元

**© 版权所有 违法必究**

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

当代情报学(信息管理)前沿丛书

科学计量学的挑战

情报研究与决策支持

信息组织与构建

信息和计算机伦理案例研究

信息可视化

数据挖掘理论与技术

数字图书馆技术与系统

当代情报学的重要领域

竞争情报与战略管理的互动与融合

超文本信息组织技术

封面设计  
霍志敏

ISBN 7-5023-4212-5



9 787502 342128 >

ISBN 7-5023-4212-5/N·64

定价: 22.00 元